

---

# SAFEWAY: Un sistema de recomendación de rutas basado en el contexto para fomentar la seguridad vial

---



**Trabajo de Fin de Máster**  
**Curso 2017-2018**

**Autor**

Verónica del Valle Corral

**Directores**

Juan Antonio Recio García  
Belén Díaz Agudo

**Máster en Ingeniería Informática**  
**Facultad de Informática**  
**Universidad Complutense de Madrid**



# **SAFEWAY: Un sistema de recomendación de rutas basado en el contexto para fomentar la seguridad vial**

**Trabajo de Fin de Máster en Ingeniería Informática**  
**Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial**

## **Autor**

Verónica del Valle Corral

## **Directores**

Juan Antonio Recio García  
Belén Díaz Agudo

**Convocatoria:** Septiembre 2018

**Calificación:** Notable (8.5)

**Máster en Ingeniería Informática**  
**Facultad de Informática**  
**Universidad Complutense de Madrid**



## Autorización de difusión

La abajo firmante, matriculada en el Máster en Ingeniería Informática de la Facultad de Informática, autoriza a la Universidad Complutense de Madrid (UCM) a difundir y utilizar con fines académicos, no comerciales y mencionando expresamente a su autor el presente Trabajo Fin de Máster: *“Safeway: Un sistema de recomendación de rutas basado en el contexto para fomentar la seguridad vial”*, realizado durante el curso académico 2017-2018 bajo la dirección de Juan Antonio Recio García y Belén Díaz Agudo en el Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial (DISIA), y a la Biblioteca de la UCM a depositarlo en el Archivo Institucional E-Prints Complutense con el objeto de incrementar la difusión, uso e impacto del trabajo en internet y garantizar su preservación y acceso a largo plazo.

Verónica del Valle Corral  
03 de septiembre de 2018



# Agradecimientos

*"No hay deber más necesario que el de dar las gracias"*

*Marco Tulio Cicerón*

No podría empezar de otro modo que no fuera dando las gracias a los directores del proyecto, Juan Antonio Recio García y Belén Díaz Agudo. Gracias por ser un gran referente y regalarme consejos tan útiles que fueron capaces de guiarme durante todo el desarrollo del proyecto. Sin vuestra ayuda incondicional y continuo afán por intentar que todo saliera adelante, no habría sido posible. Siempre fue un placer trabajar con vosotros.

A mis padres, Javier y Soledad, quienes siempre me dieron todo cuanto estaba en sus manos ofreciéndome la mejor educación, es gracias a vosotros y a Jessica que hoy estoy aquí. Por lo que tan sólo puedo expresaros mi más sincero agradecimiento por estar siempre ahí, confiando en mí y animándome en los momentos más complicados.

A mi pareja, Jairo, por ayudarme a superarme día tras día, confiando siempre en mí y diciéndome que lo lograría.

Y a mis compañeros y amigos, quienes me han regalado tan buenos momentos en la universidad y han hecho de mi etapa universitaria una experiencia inolvidable.





# Índice

Introducción .....	17
1.1 Motivación .....	18
1.2 Objetivos .....	19
1.2 Estructura de la memoria .....	20
Introduction .....	21
2.1 Motivation .....	22
2.2 Objectives .....	23
2.2 Work Structure .....	24
Trabajos relacionados .....	25
3.1 Plataformas de navegación: cartografía y localización .....	25
3.1.1 Google Maps .....	26
3.1.2 HERE WeGo .....	26
3.1.3 TomTom .....	27
3.1.4 Apple Maps .....	27
3.1.5 Waze .....	28
3.2 Tecnologías empleadas .....	29
3.2.1 Django .....	30
3.2.2 Python .....	30
3.2.3 HTML y CSS .....	31
3.2.4 Maps JavaScript API .....	31
3.2.5 HighCharts .....	32
3.2.6 Bootstrap .....	32
3.2.7 JQuery .....	33
3.2.8 JSON .....	33
Arquitectura de la Aplicación y Fuente de la Información .....	35
4.1 Arquitectura tres capas .....	35
4.1.1 Capa de presentación .....	36
4.1.2 Capa de negocio .....	36
4.1.3 Capa de datos .....	37
4.2 Stats19 .....	37
4.2.1 Estructura de la información .....	39

Safeway .....	45
5.1 Interfaz .....	46
5.3 Funcionalidades.....	47
5.3.1 Elección de la ruta .....	47
5.3.1.1 Uso de la funcionalidad (a nivel de usuario) .....	48
5.3.1.2 Implementación de la funcionalidad .....	54
5.3.1.3 Resultados obtenidos .....	56
5.3.2 Configuración del sistema .....	58
5.3.2.1 Uso de la funcionalidad (a nivel de usuario) .....	58
5.3.2.2 Implementación de la funcionalidad .....	60
5.3.2.3 Resultados obtenidos .....	61
5.3.3 División del mapa .....	64
5.3.3.1 Uso de la funcionalidad (a nivel de usuario) .....	65
5.3.3.2 Implementación de la funcionalidad .....	68
5.3.3.3 Resultados obtenidos .....	69
Conclusiones y Trabajo Futuro .....	73
Conclusions and Future Work .....	75
Bibliografía.....	77

# Índice de figuras

Ilustración 1 - Aplicaciones móviles de navegación .....	25
Ilustración 2 - Resultados Location Platform Index .....	28
Ilustración 3 - Notificaciones Wave .....	29
Ilustración 4 - Tecnologías empleadas .....	29
Ilustración 5 - Arquitectura en tres capas .....	35
Ilustración 6 - Formulario STATS20.....	37
Ilustración 7 - Ficheros empleados .....	40
Ilustración 8 - Safeway (Estructura de la página) .....	46
Ilustración 9 - Página principal de la aplicación .....	47
Ilustración 10 - Elección de la ruta (Formulario) .....	48
Ilustración 11- Elección de la ruta (Origen y Destino) .....	48
Ilustración 12 - Elección de la ruta (Fecha y Hora) .....	49
Ilustración 13 - Elección de la ruta (pop-ups).....	49
Ilustración 14 - Elección de la ruta (Tiempo y Vehículo).....	50
Ilustración 15 - Elección de la ruta (Origen/Destino incorrecto) .....	50
Ilustración 16 - Elección de la ruta (Ruta) .....	51
Ilustración 17 - Elección de la ruta (Zoom) .....	51
Ilustración 18 - Elección de la ruta (Botones alternativas) .....	52
Ilustración 19- Elección de la ruta (Rutas alternativas) .....	52
Ilustración 20 - Elección de la ruta (Resumen accidentes) .....	53
Ilustración 21 - Elección de la ruta (Leyenda) .....	53
Ilustración 22 - Elección de la ruta (Gráficos).....	54
Ilustración 23 - Elección de la ruta (Geocodificación) .....	54
Ilustración 24 - Elección de la ruta (Marcadores accidente).....	55
Ilustración 25 - Elección de la ruta (Google Maps).....	57
Ilustración 26 - Elección de la ruta (Alternativas Safeway).....	57
Ilustración 27 - Configuración (Panel).....	58
Ilustración 28 - Configuración (Menú) .....	58
Ilustración 29 - Panel configuración (Ubicación) .....	59

Ilustración 30 - Panel de configuración (Fecha partida) .....	59
Ilustración 31 - Panel de configuración (Hora de partida) .....	60
Ilustración 32 - Configuración (Tiempo y Vehículo) .....	60
Ilustración 33 - Configuración (Guardada) .....	60
Ilustración 34 - Precisión ubicación accidente .....	61
Ilustración 35 - Configuración (Resultado precisión Alta) .....	62
Ilustración 36 - Configuración (Resultado precisión Media) .....	62
Ilustración 37 - Configuración (Resultado accidentes en las inmediaciones) .....	63
Ilustración 38 - Configuración (Ruta recomendada) .....	63
Ilustración 39 - Configuración (Ruta con mayor riesgo) .....	64
<i>Ilustración 40 - Optimización en la búsqueda .....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 41 – División del mapa (Opción menú) .....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 42 – División del mapa (Tamaño matriz) .....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 43 - División del mapa (En progreso) .....</i>	<i>66</i>
Ilustración 44 - División del mapa (Finalizada) .....	67
<i>Ilustración 45 - División del mapa (Resultado) .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 46 - División del mapa .....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 47 - División mapa (Ejemplo ruta Google Maps) .....</i>	<i>69</i>

## Resumen

En un mundo donde los recomendadores forman parte de nuestro día a día, nace Safeway, un sistema de recomendación basado en contexto que intenta fomentar la seguridad vial dándole un enfoque distinto y con un grado más de originalidad de lo que conocíamos hasta el momento.

Y es que, aunque tal y como indica su nombre, el principal objetivo de Safeway consiste en recomendar rutas seguras, veremos que no se limita únicamente a eso. La mayoría de los navegadores basan su recomendación de rutas en la rapidez, ofreciendo al usuario la ruta más corta existente entre un origen y un destino, sin preocuparse de si además de ser la más rápida también es la más segura.

Esta es precisamente una de las motivaciones sobre la que se construyó esta idea, la de dar un paso más en la recomendación, considerando además del tiempo empleado, el riesgo que presentan las distintas alternativas de viaje entre dos puntos geográficos distintos. Para ello, tomando como base toda la información registrada acerca de los distintos accidentes de tráfico producidos en el Reino Unido durante el último año, así como las condiciones o el momento en el que éstos tuvieron lugar, se calculó el nivel de peligrosidad que ofrecía cada uno de estos caminos, consiguiendo proporcionar el mayor grado de seguridad al volante.

Durante el desarrollo de la aplicación, muchos de los esfuerzos empleados se han centrado en dos aspectos considerados vitales para cualquier usuario que desee hacer uso de la herramienta, como son la visualización y el contexto.

Si el cerebro humano retiene y entiende de una forma mucho más ágil y eficaz todo aquello que ve, ¿por qué conformarse simplemente con obtener un buen resultado en la recomendación? Safeway no sólo quiere ofrecer un resultado seguro. Su principal objetivo es que el usuario comprenda visualmente el porqué de todas y cada una de las recomendaciones proporcionadas, aumentando considerablemente el grado de confianza que genera la aplicación sobre el mismo. Esta ambición ha hecho que la visualización de datos juegue un papel fundamental en la implementación y desarrollo de la aplicación.

Otro de los aspectos que han sido primordiales durante toda la elaboración del proyecto, es el contexto. Partiendo de la base de que ni todos los usuarios son iguales, ni tienen por qué tener las mismas necesidades, ¿cómo no se iba a considerar importante la personalización de nuestros resultados en función del contexto de cada individuo? Esta preocupación condujo a Safeway a incorporar entre sus funcionalidades la capacidad de decisión del usuario, eligiendo por sí mismo qué aspectos considera más importantes dentro del contexto de su viaje y teniéndolos muy en cuenta a la hora hacer sus recomendaciones de rutas seguras.

De esta forma, tomando como pilares de la recomendación ambos conceptos (visualización y contexto), y construyendo la idea sin dejar de lado aspectos tan importantes como la claridad o sencillez en la interfaz, se ha logrado desarrollar una aplicación al alcance de todo tipo de usuarios que ofrece múltiples funcionalidades donde cada una de ellas aporta un pequeño avance que conduce hacia un objetivo común, el de fomentar la seguridad vial, con la idea de que lo importante no sólo está en el tiempo empleado en el camino, si no en llegar a él corriendo el menor riesgo posible.

Este trabajo ha sido desarrollado dentro del marco de los proyectos TIN2014-55006-R y TIN2017-87330-R.

Palabras clave: Recomendador, Sistema de navegación, Visualización de datos, Contexto, Seguridad vial, Safeway

# Abstract

In a world where recommenders are part of our day-to-day life, Safeway is born, a recommendation system based on context that tries to promote road safety by giving it a different approach and with a greater degree of originality what we have known so far.

And, although as its name suggests, the main objective of Safeway was none other than to recommend safe routes, we have seen that it is not limited to that. Most browsers base their route recommendations on speed, offering the user the shortest route between an origin and a destination, without worrying about whether it is also the fastest and safest.

This is precisely one of the motivations on which this idea was built, that of taking one more step in the recommendation, considering, in addition to the time spent, the risk posed by the different travel alternatives between two different geographical points. To do this, based on all the recorded information about the different traffic accidents that occurred in the United Kingdom during the last year, as well as the conditions or the moment in which they took place, the level of danger offered by each one was calculated one of these roads, managing to provide the greatest degree of safety at the wheel.

During the development of the application, many of the efforts employed focused on two aspects considered vital for any user wishing to use the tool, such as visualization and context.

If the human brain retains and understands in a much more agile and efficient way everything that it sees, why settle simply to obtain a good result in the recommendation? Safeway not only wants to offer a safe result. Its main objective is that the user visually understands the reason for each and every one of the recommendation provided, considerably increasing the degree of confidence generated by the application on it. This ambition made the visualization of data play a fundamental role in the implementation and development of the application.

Another aspect that has been essential during the entire development of the project was the context. Based on the fact that not all users are equal, or need to have

the same needs, how could we not consider the personalization of our results important, depending on the context of each individual? This concern led Safeway to incorporate among its functionalities the decision-making capacity of the user, choosing for themselves which aspects they consider the most important within the context of their and taking them into account when making his recommendations for safe routes.

In this way, taking as pillars of our recommendation both concepts (visualization and context), and building the idea without neglecting important aspects such as clarity or simplicity in the interface, it was possible to develop an application available to all types of users. It offers multiple functionalities where each one of them contributes a small advance that leads towards a common goal, to promote road safety, with the idea that the important thing is not only the time spent on the road, but also running the least possible risks.

This work has been developed within the framework of the projects TIN2014-55006-R and TIN2017-87330-R.

Keywords: Recommender, Navigation system, Data visualization, Context, Road safety, Safeway



# Capítulo 1

## Introducción

Hoy en día, los dispositivos de navegación no sólo son productos de alta tecnología que se encuentran al alcance de todos sino que también se han convertido en una parte importante de la vida de muchas personas. La llegada de estos dispositivos ha cambiado por completo la forma en la que nos movemos, llegando a convertirse en nuestro fundamental compañero de viaje. Pero no siempre ha sido así y es que esta tecnología, con casi 40 años de antigüedad, tiene una sorprendente historia detrás.

Inicialmente el acceso GPS era exclusivo para las fuerzas militares de los Estados Unidos, pero las cosas cambiaron en 1983 cuando el gobierno de Ronald Reagan autorizó la navegación por satélite para el uso civil. Por aquel entonces, y en plena Guerra Fría, los pocos y costosos sistemas GPS que se podían adquirir tenían incorporado un error de precisión con el fin de no otorgar ventaja táctica a quienes se hicieran con ellos. Este hecho dio lugar a la tragedia ocurrida el 1 de Septiembre de 1983, cuando un interceptor *Su-15* soviético derribó al vuelo comercial *KAL007*, operado por un *Boeing 747-200* de la aerolínea *Korean Air*, acabando con la vida de 269 personas (240 pasajeros y 29 tripulantes) mientras volaba, desintencionadamente, sobre terreno soviético restringido. (Ambrosig, 2017)

Como primera medida el piloto ruso realizó disparos de advertencia, pero la tripulación del 747 no respondió, por lo que el aviador recibió órdenes de disparar dos misiles que ocasionaron la descompresión de cabina y posterior descenso al mar. (Vuelo 007 de Korean Air, 2018)

Tras este incidente, el 16 de septiembre, el presidente Ronald Reagan anunció que el GPS sería de libre acceso para todos, sin cargo alguno, estimulando así su desarrollo tecnológico. Y es que probablemente, si el GPS hubiera estado disponible en vuelos civiles, el error de navegación de *KAL007* se habría solventado en cuestión de segundos.

Hace ya casi 20 años, concretamente la noche del 1 de Mayo de 2000, el expresidente de Estados Unidos, Bill Clinton, apagó la señal de interferencia acabando con el ruido creado artificialmente que había bloqueado previamente los satélites del

Sistema de Posicionamiento Global (GPS) acabando con la conocida “disponibilidad selectiva” creada por el gobierno de EE.UU para inhibir los posibles ataques externos. Esta decisión propició que la navegación por satélite avanzase por fin en su vertiente más comercial y brindó oportunidades de desarrollo tanto a científicos como a desarrolladores quienes durante las últimas décadas han estado trabajando para ofrecernos un sistema de navegación preciso y repleto de funcionalidades, tal y como los conocemos a día de hoy.

### 1.1 Motivación

La mayoría de los navegadores se centran principalmente en la rapidez, ofreciendo al usuario la ruta más corta existente entre un origen y un destino definidos con anterioridad por el mismo. Pero éste no es, ni mucho menos, el único aspecto que tienen en cuenta a la hora de proporcionarnos un resultado concreto. Como todos sabemos, estos dispositivos son capaces de ofrecernos en apenas cuestión de segundos, información en tiempo real sobre posibles incidentes que hayan tenido lugar entre el perímetro existente entre el origen y el destino marcados, como podrían ser atascos, accidentes o tramos con obras en la carretera, pudiendo de esta manera recalcular el camino más rápido para llegar al destino. Además, muchos de ellos también actúan como avisadores de radares fijos y móviles, basándose en los reportes que realizan los usuarios, y evitando de esta manera, posibles sanciones por exceso de velocidad.

Pero... ¿Realmente es el tiempo empleado o una sanción económica lo más importante cuando nos ponemos en la carretera y emprendemos un viaje?

Los accidentes de tráfico se han convertido en una de las principales causas de muerte a nivel mundial, afectando especialmente a los jóvenes de entre 18 y 24 años. Según los datos recogidos en el informe anual de la DGT, en 2017 fallecieron un total de 1.200 personas en accidentes en vías interurbanas, 38 más que en 2016 rompiendo por primera vez la tendencia de descenso de muertes en carretera que empezó en 2004. (Marín, 2018)

En la mayoría de los casos los accidentes se producen por factores fácilmente evitables como el exceso de velocidad o velocidad inadecuada, el consumo de drogas y alcohol o el uso de los dispositivos móviles que provocan distracciones al volante. Este último factor, representa el 31% de los accidentes con víctimas mortales.

A pesar de que la mayoría de los conductores son conscientes del peligro que conlleva manipular un dispositivo móvil a los mandos de un vehículo, parecen no ser conscientes de que esta mala costumbre aumenta (por 23) las probabilidades de sufrir un accidente. Estas palabras se refuerzan con algunos estudios, como fue el realizado por el Centro de Estudios Ponle Freno-Axa cuyos resultados revelaron que el 25% de los conductores, afirma haber hablado alguna vez por el móvil sin utilizar sistemas de “manos libres”. El mismo porcentaje reconoce que lee mensajes, y un hasta 18% los contesta. Problema que se agrava entre los más jóvenes llegando a alcanzar la escalofriante cifra del 43%. (Marín, 2018)

Por otro lado, el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses ha revelado que el 42% de conductores fallecidos en 2017 consumieron alcohol, drogas y psicofármacos. La proporción se redujo ligeramente con respecto a 2016, cuando fueron el 43%, pero sigue siendo uno de los grandes problemas de la seguridad vial española, pues los datos se mantienen prácticamente estables desde 2011. (Torices, 2018)

Por todo ello, tanto el director general de Tráfico, Pere Navarro Olivella, como el fiscal en seguridad vial, Bartolomé Vargas Cabrera, coinciden en incrementar los controles y promover algunas de las campañas de seguridad vial como #porunosolovedelatecnología de Orange y Ponle freno de Atresmedia, cuyo principal objetivo es reducir la tasa de accidentes mediante la concienciación de las personas.

### 1.2 Objetivos

Después de todo lo mencionado en puntos anteriores y entendiendo que lo realmente importante no es el tiempo empleado en el camino, si no la seguridad con la que nos enfrentamos a él para conseguir llegar a nuestro destino, el presente trabajo de fin de máster no se centra en la creación de un navegador GPS o un sistema capaz de evitar accidentes, sino que su principal objetivo consiste en estudiar los caminos alternativos entre dos puntos y recomendar al usuario la ruta más segura. Dicha recomendación se basa en la comparativa del contexto actual (introducido por el usuario a través de la aplicación) y en el que se producen los accidentes. Esta información se encuentra almacenada en el sistema STATS19 y es publicada anualmente por el Gobierno de Reino Unido.

A continuación se plantean las metas que se esperan alcanzar tras el desarrollo del proyecto:

- Crear un algoritmo capaz de recomendar al usuario la ruta más segura entre el origen y el destino mediante el estudio de los accidentes almacenados en el dataset.
- Aumentar la confianza del usuario en el sistema mediante la explicación de los resultados obtenidos apoyándose en imágenes, gráficos y breves mensajes de texto que resuman la decisión tomada por el algoritmo.
- Agilizar la toma de decisiones mediante la división del mapa de tal manera que la información del dataset principal quede desglosada en varios ficheros según las coordenadas del accidente, reduciendo considerablemente el coste de las búsquedas posteriores.
- Mostrar al usuario otras rutas alternativas para que pueda compararlas con la elegida por el sistema, reforzando nuevamente la confianza en el mismo.
- Ofrecer un panel que permita al usuario la posibilidad de modificar la importancia (peso) y el grado de exactitud de los parámetros que determinan la decisión del algoritmo.

- Visualizar a través de un mapa los tramos o puntos de la vía con una alta concentración de accidentes, también conocidos como tramos/puntos negros.
- Crear una interfaz sencilla e intuitiva que le permita al usuario moverse rápidamente por la aplicación y obtener la información deseada con las menores interacciones posibles.
- Elaborar un diseño responsive que se adapte a todo tipo de dispositivos.

Con todas estas metas y objetivos nace “Safeway”, la base de lo que consideramos un proyecto ambicioso y altamente versátil e intuitivo, capaz de crecer y evolucionar de forma sencilla añadiendo nuevas funcionalidades o mejorando su sistema de recomendación.

### 1.2 Estructura de la memoria

La estructura seguida para organizar esta memoria consta de los siguientes capítulos:

En los Capítulos 1 y 2, redactados en español e inglés respectivamente, se introduce el contexto en el que se realiza este proyecto, además de la motivación que ha impulsado su desarrollo y los objetivos que se pretenden alcanzar tras su realización. Por último, se explica la estructura del documento.

En el Capítulo 3 en primer lugar se analiza el panorama actual en el mundo de la navegación estudiando las distintas alternativas que hoy en día tiene una persona para guiar su viaje en la carretera. Por último se habla acerca de las tecnologías empleadas para la realización del proyecto, indicando para cada una de ellas los beneficios que ha aportado.

En el Capítulo 4, se detalla la arquitectura del sistema explicando los componentes que la definen, otorgando de esta manera una visión general del mismo. Además se define qué es el Sistema STATS19, proveedor de los dos datos empleados para el estudio del proyecto.

En el Capítulo 5, se muestra la aplicación web implementada (Safeway), explicando que ventajas ofrece respecto a otros recomendadores de rutas, cómo está estructurada y las funcionalidades que presenta.

En los Capítulos 6 y 7, redactados en español e inglés respectivamente, se analizan las conclusiones y el trabajo futuro que se ha extraído de este Trabajo de Fin de Máster.

# Capítulo 2

## Introduction

Today, navigation devices are not high-tech products that are available to everyone and have also become an important part of the lives of many people. The arrival of these devices has completely changed the way we move, becoming our fundamental travel companion. But it has not always been this way, and this technology, which is almost 40 years old, has an incredible history behind.

Initially, GPS access was exclusive to US military forces, but things changed in 1983 when the Ronald Reagan government authorized satellite navigation for civilian use. So then, and in the middle of the Cold War, the few and expensive GPS systems that could be acquired had an error of precision incorporated in order not to give tactical advantage to those who were made with them. This fact led to the tragedy that occurred on September 1, 1983, when a Soviet Su-15 interceptor shot down the commercial flight KAL007, operated by a Boeing 747-200 of the Korean Air airline, killing 269 people (240 passengers and 29 crew) while flying, unintentionally, on restricted Soviet ground. (Ambrosig, 2017)

As a first step the Russian pilot fired warning shots, but the crew of the 747 did not respond, so the aviator was ordered to fire two missiles that caused the decompression of cabin and subsequent descent to the sea. (Flight 007 of Korean Air, 2018)

After this incident, on September 16, President Ronald Reagan announced that the GPS would be free for all, free of charge, thus stimulating its technological development. And it is probable that if the GPS had been available on civil flights, the navigation error of KAL007 would have been solved in a matter of seconds.

Almost 20 years ago, specifically on the night of May 1, 2000, the former president of the United States, Bill Clinton, turned off the interference signal, ending the artificially created noise that had previously blocked the satellites of the Global Positioning System (GPS). ending with the well-known "selective availability" created by the US government to inhibit possible external attacks. This decision led to satellite navigation finally advancing in its more commercial side and provided opportunities for

development to both scientists and developers who during the last decades have been working to offer us an accurate navigation system full of features, just like we know them today.

### 2.1 Motivation

Most of navigations apps are focused on speed, offering the user the shortest route between a source and a destination previously defined by it. But this is not, far from it, the only aspect that they take into account when it comes to providing us with a concrete result. As we all know, these devices are able to offer in just a matter of seconds, information in real time about possible incidents that have taken place between the perimeter between the origin and the destination marked, such as traffic jams, accidents or sections with works in the road, thus being able to recalculate the fastest way to reach the destination. In addition, many of them also act as warnings of fixed and mobile radars, based on the reports made by users, and thus avoiding possible penalties for speeding.

But ... Is it really the time spent or a financial penalty that is the most important when we get on the road and take a trip?

Traffic accidents have become one of the leading causes of death worldwide, affecting especially young people between 18 and 24 years. According to the data collected in the annual report of the DGT, in 2017 a total of 1,200 people died in accidents on interurban roads, 38 more than in 2016 breaking for the first time the trend of decline in road deaths that began in 2004. (Marín , 2018)

In most cases accidents are caused by easily avoidable factors such as speeding or inadequate speed, the consumption of drugs and alcohol or the use of mobile devices that cause distractions at the wheel. This last factor represents 31% of accidents with fatalities.

Although most drivers are aware of the danger of handling a mobile device at the controls of a vehicle, they seem unaware that this bad habit increases (by 23) the chances of an accident. These words are reinforced by some studies, such as the one conducted by the Ponle Freno-Axa Study Center, whose results revealed that 25% of drivers say that they have ever spoken on their mobile phones without using "hands-free" systems. The same percentage recognizes that they read messages, and up to 18% answer them. A problem that gets worse among the youngest, reaching a chilling figure of 43%. (Marín, 2018)

On the other hand, the National Institute of Toxicology and Forensic Sciences has revealed that 42% of drivers who died in 2017 consumed alcohol, drugs and psychotropic drugs. The proportion was slightly reduced compared to 2016, when they were 43%, but it is still one of the major problems of Spanish road safety, as the data remain practically stable since 2011. (Torices, 2018)

Therefore, both the general director of Traffic, Pere Navarro Olivella, and the public prosecutor in road safety, Bartolomé Vargas Cabrera, agree to increase controls and promote some of the road safety campaigns as # porunosolovedelatechnology of Orange and Ponle brake of Atresmedia, whose main objective is to reduce the accident rate through the awareness of people.

### 2.2 Objectives

After everything mentioned in previous points and understanding that what is really important is not the time spent on the road, but the security with which we face to get to our destination, the present master's thesis is not focuses on the creation of a GPS navigator or a system capable of avoiding accidents, but its main objective is to study the alternative paths between two points and recommend the user the safest route. This recommendation is based on the comparison of the current context (entered by the user through the application) and in which accidents occur. This information is stored in the STATS19 system and is published annually by the Government of the United Kingdom.

The following are the goals that are expected to be achieved after the development of the project:

- Create an algorithm capable of recommending to the user the safest route between the origin and destination by studying the accidents stored in the dataset.
- Increase user confidence in the system by explaining the results obtained by relying on images, graphics and brief text messages that summarize the decision made by the algorithm.
- Streamline decision making by dividing the map so that the information in the main dataset is broken down into several files according to the accident's coordinates, considerably reducing the cost of subsequent searches.
- Show the user other alternative routes so that he can compare them with the one chosen by the system, reinforcing again the confidence in it.
- Offer a panel that allows the user the possibility of modifying the importance (weight) and the degree of accuracy of the parameters that determine the decision of the algorithm.
- Visualize through a map the sections or points of the road with a high concentration of accidents, also known as stretches / black points.
- Create a simple and intuitive interface that allows the user to move quickly through the application and obtain the desired information with the least possible interactions.
- Develop a responsive design that adapts to all types of devices.

With all these goals and objectives born "Safeway", the basis of what we consider an ambitious and highly versatile and intuitive project, able to grow and evolve in a simple way adding new features or improving its recommendation system.

### **2.2 Work Structure**

The structure followed to organize this report consists of the following chapters:

In Chapters 1 and 2, written in Spanish and English respectively, the context in which this project is carried out is introduced, as well as the motivation that has driven its development and the objectives that are to be achieved after its completion. Finally, the structure of the document is explained.

In Chapter 3 we first analyze the current panorama in the world of navigation by studying the different alternatives that a person has today to guide their trip on the road. Finally, we talk about the technologies used to carry out the project, indicating for each of them the benefits that it has brought.

In Chapter 4, the system architecture is explained explaining the components that define it, thus giving a general overview of it. It also defines what is the STATS19 System, provider of the two data used to study the project.

In Chapter 5, the implemented web application (Safeway) is shown, explaining what advantages it offers compared to other route recommenders, how it is structured and the functionalities it presents.

Chapters 6 and 7, written in Spanish and English respectively, analyse the conclusions and future work that has been extracted from this Master's Thesis.



## Capítulo 3

### Trabajos relacionados

Antes de llevar a cabo la realización de un proyecto es fundamental estudiar otros sistemas similares, que hayan logrado posicionarse en lo más alto del sector. Con estos estudios se pretenden conocer los gustos y necesidades de los usuarios finales para desarrollar un proyecto competente que introduzca elementos novedosos y mantenga los principales beneficios y funcionalidades de los ya existentes.

#### 3.1 Plataformas de navegación: cartografía y localización

Las plataformas elegidas han sido extraídas del *Location Platform Index: Mapping and Navigation*, informe elaborado por Ovum con el fin de analizar las mejores plataformas de navegación y asignarles una puntuación en base a su integridad y alcance. La integridad mide la calidad del sistema en cuanto a sus mapas, tecnología y contenido así como la capacidad de incorporar nuevas tecnologías como la inteligencia artificial mientras que el alcance hace referencia al número de personas que hacen uso del sistema, a los desarrolladores que trabajan en sus mejoras y a su integración en los vehículos. Como resultado del informe HERE WeGo ha sido nombrada la mejor plataforma con una puntuación de 9,33. (Zoller, 2018)

También se presentan otras aplicaciones que a pesar de no figurar en el informe son ampliamente utilizadas en la actualidad, como es Waze.



Ilustración 1 - Aplicaciones móviles de navegación

### 3.1.1 Google Maps

Google Maps es una aplicación móvil gratuita desarrollada por Google para los sistemas operativos de Android e IOS que permite a las personas navegar por el mundo de manera fácil y rápida. Fue lanzada por primera vez en septiembre de 2008 y a día de hoy cuenta con más de mil millones de descargas en Play Store y una valoración media de 4.3. (Google Play, s.f.)

Para comenzar a navegar con Google Maps el usuario deberá completar, al menos, el origen y destino, utilizando la ubicación actual, pulsando sobre el mapa o rellenando los apartados correspondientes e indicar el método de transporte que se va a utilizar ya sea a pie, en bicicleta, coche o transporte público. Una vez proporcionada dicha información el sistema calcula la ruta más rápida entre los puntos y muestra las indicaciones necesarias para llegar al destino. En caso de existir rutas equivalentes, se mostrarán en gris, para que el usuario pueda decidir qué camino tomar. Sin embargo, la ruta recomendada puede verse alterada ya que al recibir información en tiempo real sobre el estado del tráfico y el transporte público el sistema recalcula automáticamente la ruta para evitar atascos y ahorrar tiempo al usuario.

Adicionalmente, Google Maps permite conocer lugares y guardarlos como favoritos para que sean fácilmente accesibles, navegar sin conexión a internet gracias a la descarga de mapas y obtener panorámicas de la ciudad a través de Google Street View.

### 3.1.2 HERE WeGo

HERE WeGo, originalmente desarrollado por Nokia y conocido como HERE Maps, se ha convertido en uno de los rivales más grandes para Google Maps. Inicialmente, en 2013, solo estaba disponible en Windows Phone y la World Wide Web y posteriormente fue lanzada en Google Play (2014) y App Store (2015). (Wikipedia, 2018)

Hoy en día es una aplicación gratuita con cobertura internacional que incluye mapas offline de más de 100 países en todo el mundo por lo que se pueda navegar sin conexión a Internet. HERE WeGo funciona para cualquier medio de transporte, incluso permite coger taxis y coches compartidos. Esta aplicación ofrece al usuario todos los caminos existentes entre dos puntos para que pueda compararlos y elegir la ruta que mejor se adapte a sus necesidades. También incluye indicaciones detalladas e información sobre el tráfico y el transporte público en tiempo real de más de 900 ciudades.

Adicionalmente, HERE WeGo posee una gran API que permite a los desarrolladores insertar sus mapas en otras aplicaciones y realizar mejoras de manera continua. Esta API tiene una versión gratuita pero con ciertas limitaciones, como el número de peticiones que se pueden realizar y otras versiones de pago que no presentan ninguna limitación.

### 3.1.3 TomTom

TomTom GO Mobile, es una app de navegación creada por TomTom, una de las primeras empresas de mapas digitales del mundo. Permite la descarga de mapas sin conexión de más de 150 países, con actualizaciones periódicas. También proporciona información de tráfico en tiempo real y alertas de radares (fijos, móviles y de velocidad media).

En cuanto a la recomendación de rutas, dispone de varios tipos, como la ruta más rápida que varía según el estado del tráfico, la ruta más corta, calculada según la distancia recorrida, la ruta más ecológica, aquella que supone un menor gasto de combustible e incluso la ruta de callejeo, aquella con más giros. Adicionalmente, lleva integrado un sistema de aprendizaje automático que estudia los hábitos de conducción y propone sugerencias para el siguiente destino. (TomTom)

Lamentablemente, no se trata de una aplicación 100% gratuita sino que tiene algunas opciones de compra dentro de la misma. Su versión gratuita está limitada a 75 km de navegación gratis al mes.

### 3.1.4 Apple Maps

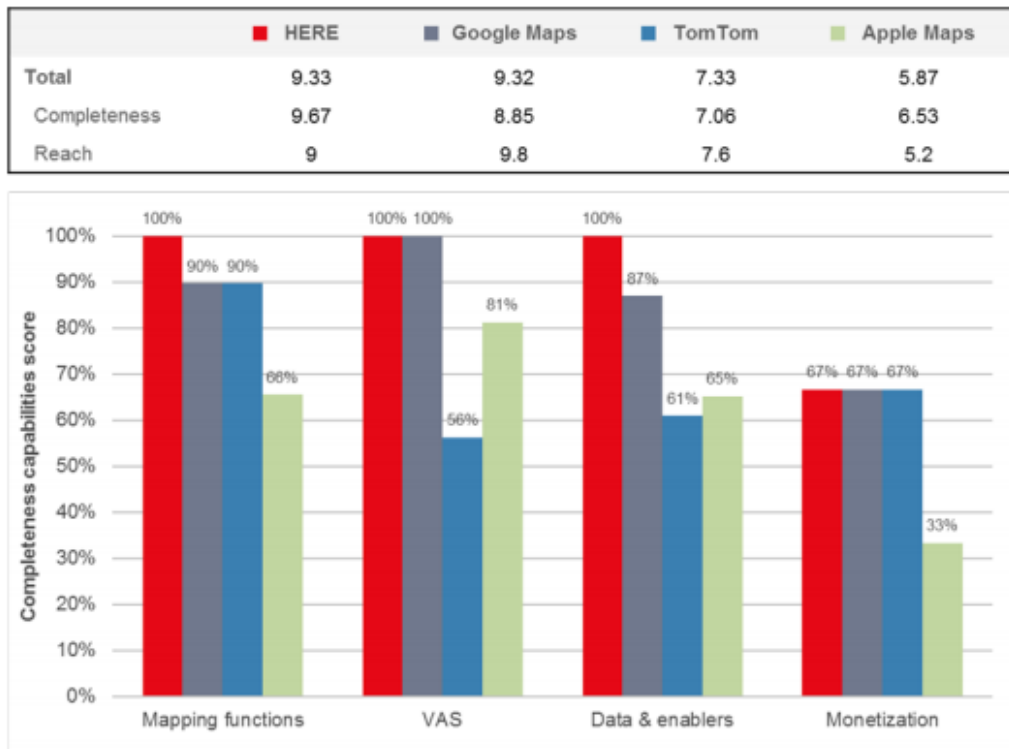
Apple Maps es un servicio de mapas proporcionado por Apple Inc. a los dispositivos con iOS y macOS. Apple Maps fue muy mal recibido cuando se lanzó en septiembre de 2012 debido a la falta de datos y las instrucciones poco confiables que llevaron al jefe ejecutivo Tim Cook a escribir una carta de disculpas a los clientes. Desde entonces, la compañía ha mejorado considerablemente el software, pero todavía se lo considera inferior a otros productos como Google Maps o Waze. Según Creative Strategies, el 45% de los usuarios de iPhone de EE. UU. Usan la aplicación de Google, en comparación con solo el 36% que usa el sistema de Apple, que está instalado de manera predeterminada. (Lee, 2018)

Hasta entonces, Apple extraía los datos de Yelp, un potente motor de datos universal, pero este año la compañía ha anunciado que reconstruirá gradualmente sus datos utilizando una flota de camionetas especialmente diseñadas. También utilizará los datos recopilados de los iPhones para potenciar la información del tráfico.

En cuanto a sus funcionalidades, son muy similares a las de sus competidores y también cuenta con una API para que los desarrolladores puedan integrar en sus aplicaciones y sitios web los mapas de Apple. (García, 2018)

A continuación, se presenta un gráfico extraído del *Location Platform Index: Mapping and Navigation* que compara las prestaciones ofrecidas por los mismos, centrándose principalmente en sus funciones de mapeo, servicios de valor agregado, el

tratamiento de la información y accesibilidad a sus datos y su estrategia de monetización.

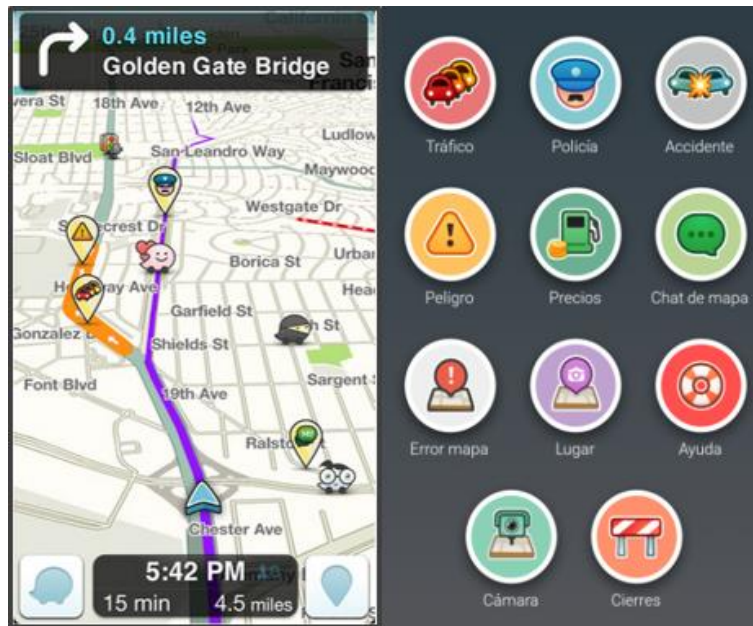


*Ilustración 2 - Resultados Location Platform Index*

### 3.1.5 Waze

Waze es una aplicación de tráfico y navegación basada en la información que comparten en tiempo real otros conductores (con solo tener la aplicación abierta) sobre el estado del tráfico y la estructura de las vías. A través de Waze se puede informar sobre los accidentes, controles policiales, vías bloqueadas, condiciones meteorológicas y mucho más.

En cuanto a la elección de la ruta, Waze proporciona al usuario la ruta más rápida o más corta, según su configuración aunque está puede verse alterada durante la conducción ya que cuando recibe información, inmediatamente la analiza y recalcula la ruta óptima al destino. Adicionalmente, es capaz de recordar las rutas favoritas de un usuario para llegar a un determinado destino. (Google Support, s.f.)



*Ilustración 3 - Notificaciones Wave*

Entre las críticas recibidas caben destacar: la conexión a Internet, ya que sólo funciona con la itinerancia de datos activada, la sobrecarga de información en pantalla (Ilustración 3), Waze dispone de once tipos de alertas diferentes que pueden aparecer sobre el mapa, provocando la distracción del conductor y aumentando por tanto, el riesgo de sufrir un accidente (Roose, 2013) y por último la localización policial, que tal y como argumentó, en diciembre de 2014, Charlie Beck, jefe del Departamento de Policía de Los Ángeles, Waze podía ser “mal utilizada por las personas que tienen una intención de poner en riesgo a policías y a la comunidad” tras los homicidios de dos oficiales del NYPD (New York Department Police) liderados por Ismaaiyl Abdullah Brinsley quién hizo uso de la aplicación para obtener dicha información (Fleeman, 2015).

### 3.2 Tecnologías empleadas

En este subapartado se describen las tecnologías empleadas para la realización del proyecto.



*Ilustración 4 - Tecnologías empleadas*

### 3.2.1 Django

Django es un framework web de alto nivel, basado en el paradigma modelo-vista-controlador, que permite la creación de sitios web de manera rápida y sencilla.

Nace en 2003, basado en la filosofía DRY (*Don't Repeat Yourself*), cuando los programadores web del diario Lawrence Journal-World, Adrian Holovaty y Simon Willison, comenzaron a usar Python en un entorno de desarrollo dictado por las fechas límite del periodismo, que exigían una velocidad vertiginosa para la creación de los sitios web, por lo que tras observar que todos los sitios seguían un mismo patrón de diseño y compartían gran parte del código decidieron crear un framework web genérico, conocido como "Django". En 2005 liberaron el código y actualmente cuenta con cientos de miles de colaboradores y usuarios de todo el mundo. (Holovaty & Kanpla-Moss)

El motivo de su utilización viene dado por las siguientes ventajas:

- Apuesta por la sencillez, la rapidez y la reutilización de código.
- Está basado en el paradigma Modelo-Vista-Controlador, facilitando la organización del código y reduciendo el acoplamiento entre las partes.
- Django viene con una base de datos embebida (SQLite) por lo que se facilita su utilización.

### 3.2.2 Python

Python es un lenguaje de programación creado por Guido van Rossum a principios de los años 90 con una sintaxis muy limpia y que favorece un código legible. Se trata de un lenguaje interpretado o de script, con tipado dinámico, ya que no es necesario declarar el tipo que va a tener una determinada variable aunque si es fuertemente tipado, es decir, se necesita hacer una conversión de tipos explícita, también es multiplataforma y orientado a objetos. (Duque)

El motivo de su utilización viene dado por las siguientes ventajas:

- Es un lenguaje orientado a objetos pero también permite la programación imperativa, programación funcional y programación orientada a aspectos.
- Su sintaxis simple, clara y sencilla.
- Funciona en múltiples plataformas (UNIX, Solaris, Linux, DOS, Windows, OS/2, Mac OS, etc.) por lo que si no se utilizan librerías específicas de cada plataforma podría funcionar en todos estos sistemas sin grandes cambios.
- Cuenta con administración automática de memoria a través de recolección de basura.

- Dispone de una gran cantidad de librerías que hacen que desarrollar una aplicación en Python sea sencillo y rápido.
- Cuenta con una gran comunidad que se dedica a promover su desarrollo.

### 3.2.3 HTML y CSS

HTML (HyperText Markup Language) y CSS (Cascading Style Sheets) son dos de las tecnologías principales para construir páginas web. HTML se encarga de definir la estructura de la página mediante el uso de etiquetas mientras que CSS se encarga de su estilo y diseño. (W3C, s.f.)

Para la realización del proyecto se ha hecho uso de HTML5 y CSS3, las últimas versiones de estas tecnologías.

### 3.2.4 Maps JavaScript API

Google Maps fue desarrollado originalmente por dos hermanos Daneses, Lars y Jens Rasmussen, co-fundadores de *Where 2 Technologies*, una empresa dedicada a la creación de soluciones de mapeo. Posteriormente, la empresa fue adquirida por Google, en octubre de 2004, y los dos hermanos crearon Google Maps.

Antes de que hubiera una API pública, algunos desarrolladores descubrieron la manera de hackear Google Maps para incorporar los mapas en sus propios sitios web. Esto llevó a Google a la conclusión de que había una necesidad de una API pública, y en junio de 2005 fue lanzada públicamente.

La API consiste en una serie de ficheros JavaScript con las clases, métodos y propiedades que controlan el comportamiento de los mapas. Mediante el uso de estos ficheros, los desarrolladores pueden personalizar e incluir dichos mapas en sus páginas o aplicaciones. (Colón, 2011)

Tras un reciente cambio en su política de precios, Google proporciona a los desarrolladores que quieran hacer uso de la API 200\$ de crédito gratis al mes, cantidad que consideran suficiente para cubrir las necesidades básicas, en caso contrario, los usuarios deberán pagar por los servicios utilizados.

El motivo de su utilización viene dado por las siguientes ventajas:

- Incluye distintos tipos de mapas y proporciona métodos y funciones que facilitan su interacción.
- Permite visualizar datos en el propio mapa mediante el uso de marcadores.
- Proporciona métodos para autocompletar las direcciones introducidas por el usuario.

- Incluye funciones de geocodificación que permiten la conversión de una dirección (texto) a sus coordenadas (latitud y longitud) y viceversa.
- Calcula todos los caminos que existen entre el origen y el destino y proporciona información detallada de los puntos (latitud y longitud) que componen la ruta.
- Posee una documentación muy completa y con una gran variedad de ejemplos que facilitan su entendimiento.

### 3.2.5 HighCharts

HighCharts es una librería, elaborada en JavaScript, que permite la creación de una gran variedad de gráficos interactivos (2D y 3D) con un aspecto muy atractivo y profesional. Este producto fue lanzado a finales de 2009 y desarrollado por una empresa noruega llamada Highsoft Solutions AS. Adicionalmente, para páginas no comerciales es de uso gratuito. (Learning HighCharts, 2012)

El motivo de su utilización viene dado por las siguientes ventajas:

- Ofrece una amplia variedad de gráficos personalizables (lineales, barras, tartas, distribución, etc.) que se construyen bajo una misma estructura facilitando por tanto el aprendizaje.
- Es compatible con todos los navegadores modernos y se adapta a cualquier dispositivo. Además, admite gestos multitáctiles.
- Dispone de una sólida documentación en su página web que incluye ejemplos y casos de uso.
- Cuenta con una amplia comunidad de desarrolladores en Github, StackOverflow y otros foros.

### 3.2.6 Bootstrap

Bootstrap es un framework front-end que nace en 2011 de la mano de los desarrolladores de Twitter (cuando estaban implementando la parte gráfica de su red social) con el fin de solventar la ardua tarea de comprobar si la web se adaptaba a todos los dispositivos y tamaños de pantalla.

Una vez creado el framework y descubierto su potencial, decidieron liberar el código (bajo licencia MIT) para facilitar a otros desarrolladores la creación de sitios web completamente responsive mediante el uso de librerías CSS, que incluyen un gran número de elementos ya desarrollados y listos para ser utilizados como pueden ser botones, menús, cuadros e incluso un amplio listado de tipografías. (Programacion.net, s.f.)

El motivo de su utilización viene dado por las siguientes ventajas:



- Es fácil e intuitivo (a pesar de las muchas funcionalidades que ofrece).
- Es compatible con la mayoría de los navegadores web.
- Cuenta con el apoyo de una gran comunidad de desarrolladores que se encargan de mantener el código, solucionar los problemas que vayan apareciendo y añadir nuevas funcionalidades (Telefónica).

### 3.2.7 JQuery

JQuery es una librería JavaScript de código abierto, creada por John Resig y lanzada oficialmente en 2006, que incluye una serie de funciones y métodos para facilitar su programación. Ayuda a que las páginas web sean interactivas y funciona en múltiples navegadores. (Duarte, 2013)

El motivo de su utilización viene dado por las siguientes ventajas:

- Tienen una excelente integración con AJAX.
- Cuenta con una comunidad activa y trabajadora que ofrece un soporte constante y rápido, publicándose actualizaciones de manera constante.

### 3.2.8 JSON

JSON (JavaScript Object Notation) es un formato de texto, creado por Douglas Crockford, que facilita el almacenamiento e intercambio de la información entre el cliente y el servidor. Su sintaxis es sencilla y fácil de interpretar gracias al uso de su estructura clave-valor. Está inspirado en JavaScript pero puede ser utilizado en cualquier lenguaje de programación. (Smith, 2015)

El motivo de su utilización viene dado por las siguientes ventajas:

- Facilidad para convertir una cadena en formato JSON en objetos JavaScript (y viceversa) mediante el uso de funciones.
- Es más fácil y rápido que XML en aplicaciones AJAX.



## Capítulo 4

### Arquitectura de la Aplicación y Fuente de la Información

En este capítulo se describe la arquitectura diseñada para el sistema explicando los elementos que la componen y como se comunican entre ellos. Adicionalmente se habla de Stats19, sistema empleado por las fuerzas policiales para almacenar la información sobre los accidentes que ocurren en Reino Unido y gracias al cual se ha obtenido toda la información.

#### 4.1 Arquitectura tres capas

La aplicación desarrollada sigue la arquitectura tres capas, uno de los modelos de desarrollo software más utilizado en la actualidad y cuyo principal objetivo consiste en separar las partes que componen el sistema, confiando a cada una de ellas una misión. (Wikipedia, 2018)



*Ilustración 5 - Arquitectura en tres capas*

Adicionalmente cabe destacar, que en este caso todas las capas residen en un mismo servidor (localhost) aunque si el tamaño o la complejidad del sistema aumentasen, estas podrían separarse en varios servidores y hacer que se comunicasen entre ellos.

### 4.1.1 Capa de presentación

También conocida como capa de usuario o interfaz gráfica ya que es aquella que se presenta al usuario para que pueda interactuar con el sistema y visualizar la información solicitada, por lo que debe ser muy intuitiva y fácil de utilizar.

El desarrollo de la interfaz se ha realizado con HTML5, un lenguaje de marcado que permite estructurar y componer una página web y CSS3, que se encarga de definir su estilo y diseño. Adicionalmente, se ha hecho uso de jQuery, una librería específica de Javascript que permite utilizar funciones de este lenguaje de forma simplificada y aportar dinamismo a la aplicación.

Además, cabe destacar que la aplicación tiene un diseño completamente *responsive*, gracias a la utilización de Bootstrap, para que pueda ser utilizada desde cualquier dispositivo.

Esta capa se comunica únicamente con la capa de negocio, quién determinará qué hacer ante las interacciones del usuario.

La interfaz desarrollada se explica más detalladamente en el capítulo 5, donde se pueden ver capturas de la aplicación y comprender las interacciones que se pueden llevar a cabo.

### 4.1.2 Capa de negocio

Se denomina capa de negocio e incluso de lógica del negocio porque es aquí donde residen los programas que se ejecutan, se establecen todas las reglas que deben cumplirse, además de recibir y procesar las peticiones del usuario.

Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos, para solicitar al gestor de base de datos almacenar o recuperar datos de él.

El código de la aplicación ha sido desarrollado principalmente en Python que gracias a la cantidad de librerías, desarrolladas por la comunidad, ha facilitado enormemente la realización del proyecto. Además de JavaScript para todo aquello relacionado con el mapa ya que la API de Google Maps está elaborada en dicho lenguaje.

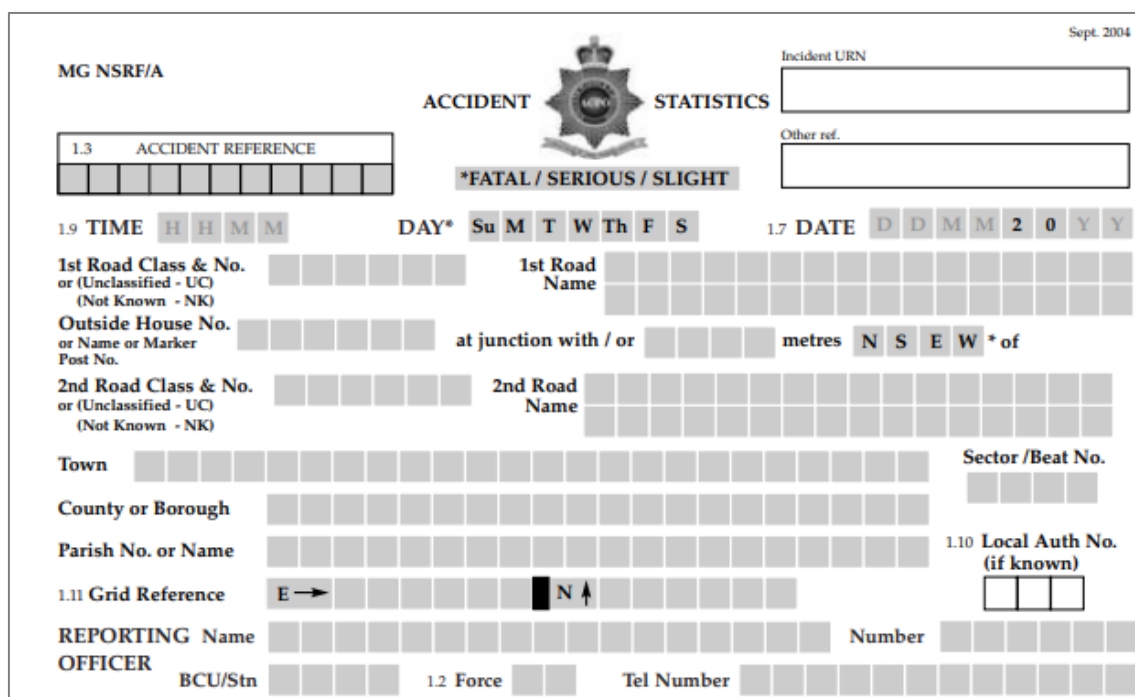
En el capítulo 5, se proporciona más información acerca de la lógica de la aplicación y que cálculos han sido implementados para poder llevar a cabo la acción solicitada por el usuario y mostrarle la información.

### 4.1.3 Capa de datos

En esta capa residen los datos y es la encargada de acceder a los mismos. Normalmente está formada por uno o más gestores de bases de datos que se encargan de la persistencia de los datos y reciben solicitudes de almacenamiento o recuperación de la información desde la capa de negocio, sin embargo, en este proyecto se han utilizado ficheros como sistema de almacenamiento local, ya que es así como se ha conseguido obtener la información, que ha sido extraída de Stats19, del que se habla en el siguiente apartado.

## 4.2 Stats19

Stats19 es el código que designa el protocolo que describe la información que debe recopilarse cada vez que se produce un accidente con heridos y es reportado a las fuerzas policiales de Reino Unido (excepto Irlanda del Norte, donde se aplican acuerdos por separado), quienes se encargan de completar un formulario con la información necesaria.



The image shows a form titled 'MG NSRF/A ACCIDENT STATISTICS' with a police crest logo. It includes fields for 'Incident URN', 'Other ref.', and '1.3 ACCIDENT REFERENCE'. There are sections for '1.9 TIME' (H H M M), 'DAY\*' (Su M T W Th F S), and '1.7 DATE' (D D M M 2 0 Y Y). The form also contains fields for '1st Road Class & No.', '1st Road Name', 'Outside House No.', '2nd Road Class & No.', '2nd Road Name', 'Town', 'County or Borough', 'Parish No. or Name', '1.11 Grid Reference' (with E and N indicators), 'REPORTING Name', 'OFFICER', 'BCU/Stn', '1.2 Force', 'Tel Number', 'Sector /Beat No.', and '1.10 Local Auth No. (if known)'. The form is dated 'Sept. 2004'.

Ilustración 6 - Formulario STATS20

El formulario consta de cuatro páginas y se encuentra disponible a través de siguiente [enlace](#). En él, se recoge todo tipo de información tal y como veremos a continuación:

- **Información temporal y geográfica** que indican el momento y el lugar exacto en el que se produce el accidente. Por ejemplo: la fecha, la hora, el nombre y tipo de vía.
- **Información sobre la fuerza policial** que interviene y que por tanto rellena el formulario. Por ejemplo: El número de identificación y de teléfono.
- **Información sobre el estado de la vía** para saber si se encontraba en condiciones de seguridad o por el contrario había algo que dificultaba la circulación como objetos, animales e incluso personas obstruyendo la calzada, insuficiencia luminosa y un amplio etcétera.
- **Información sobre los vehículos implicados** como el tipo de vehículo, la maniobra que estaban realizando, etc.
- **Información sobre la severidad del accidente y el estado de las víctimas.**

Sin embargo, no todos los accidentes que tienen lugar en Reino Unido se almacenan en este sistema ya que para que para ello han de cumplir las siguientes características:

- Ocurrir en la vía pública (incluidos los pavimentos, pero excluyendo carreteras privadas, aparcamientos, explanadas y áreas similares)
- Implicar al menos a un vehículo (que puede incluir vehículos no motorizados, como bicicletas o carruajes)
- Haber al menos un herido (excluyendo la muerte debido a causas naturales o suicidio confirmado, lesión debido a una enfermedad no relacionada y lesiones a animales)
- Ser informado a la policía (ya sea en la escena o a una estación de policía en los próximos 30 días)

El sistema STATS19 se encuentra en continua revisión ya que la información almacenada constituye la base del *Road Casualties Great Britain* o *RCGB*, boletín estadístico publicado anualmente por el departamento de Transporte (MAST, 2013) y es un componente clave del análisis de datos que se encuentra detrás de MAST. MAST es una herramienta web ampliamente reconocida y galardonada con múltiples premios que brinda a los profesionales de la seguridad vial un fácil acceso tanto a los datos de accidentes nacionales como a la información sobre las comunidades en las que residen las personas involucradas en los accidentes (MAST, 2014).

A pesar de que esta información no puede hacerse pública en su totalidad por razones de confidencialidad personal, se puede acceder a ella fácilmente ya que como hemos mencionado anteriormente el Departamento de Transporte, publica anualmente una serie de ficheros, que han sido utilizados para la realización del proyecto.

### 4.2.1 Estructura de la información

La información empleada para la realización del proyecto ha sido extraída principalmente de las dos fuentes que presentamos a continuación:

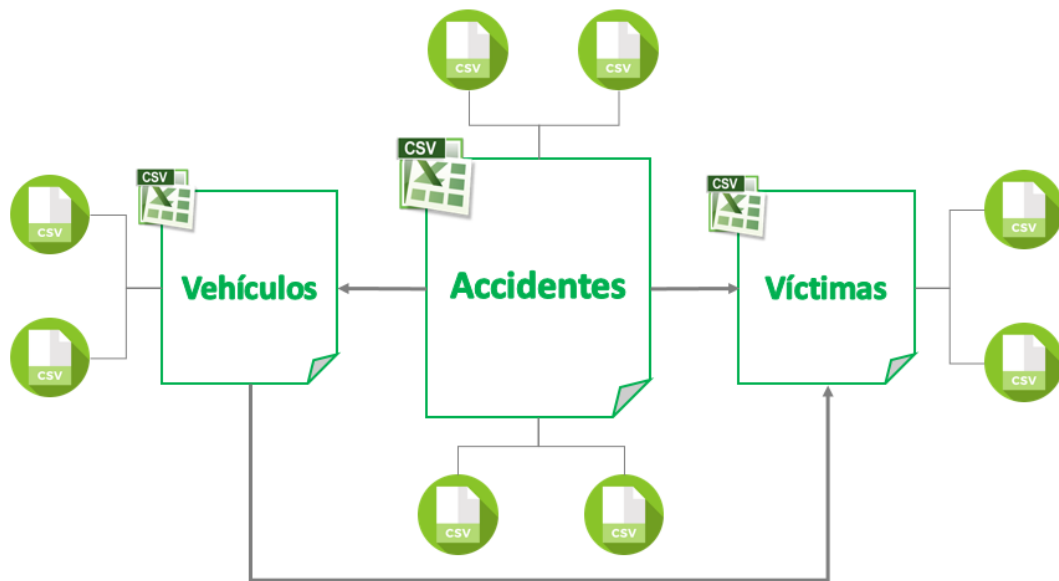
- **data.gov.uk**: página web que contiene datos publicados por el gobierno central, autoridades locales y organismos públicos con el fin de que puedan ser utilizados para crear productos y servicios de utilidad.
- **Kaggle**: plataforma online que contiene un gran repositorio de datos publicados por diversas compañías para que los usuarios puedan descargarlos y propongan soluciones a los problemas que afecten a la compañía en cuestión.

La información obtenida de estas fuentes y que ha servido de base para la realización del proyecto, se encontraba almacenada en diversos ficheros que fueron descargados en formato csv. De los cuales, caben destacar los denominados *Accidents*, *Vehicles* y *Casualties* que como sus propios nombres indican proporcionan información sobre los accidentes, vehículos implicados y personas que han resultado heridas durante el suceso.

El resto de ficheros empleados podrían definirse como ficheros “auxiliares”, ya que complementan y enriquecen la información proporcionada por los ficheros mencionados y descritos con anterioridad. Esto se debe a que, los campos almacenados en los ficheros principales se encuentran codificados numéricamente, es decir, emplean números para representar la información. Pero estos códigos o referencias internas, no aportan información por sí mismos, por lo que necesitamos cruzar la información con los ficheros auxiliares, proporcionándole así, un significado concreto y fácilmente comprensible por todos a cada uno de estos campos.

Con el fin de adquirir un mayor entendimiento del proceso explicado en las líneas anteriores, nos ayudaremos de un sencillo ejemplo. Supongamos que el fichero “Vehicles” indica que el vehículo implicado en un determinado suceso, era de tipo 2, pero ¿qué quiere decir esto?, ¿qué debemos entender por “tipo 2”? a priori es un concepto que por sí sólo no nos dice nada. Sin embargo, si consultamos la información almacenada en el fichero auxiliar “Vehicle\_Type.csv” veremos que todo aquel vehículo definido como “tipo 2” hace referencia a motocicletas. Tras este sencillo y directo cruce de información, habremos establecido una perfecta relación entre la codificación numérica presente en el primer fichero y el tipo de vehículo concreto definido en el segundo. Ahora sí, tendremos un entendimiento completo y claro de los datos.

Una vez comprendidas las fuentes de información de las que se parte, queremos representar la forma en la que éstas fueron incorporadas al proyecto y, más importante aún si cabe, cómo se relacionan entre ellas a través de la siguiente ilustración:



*Ilustración 7 - Ficheros empleados*

Como se puede observar, todos los ficheros se descargaron como archivos csv y las relaciones existentes entre ellos están claramente representadas a través de las siguientes flechas:

- Accidents-Vehicles: relación de tipo n-n entre accidentes y vehículos, donde cada ocurrencia en cualquiera de las dos entidades de la relación (accidentes o vehículos), puede estar asociado con muchas de la otra y viceversa. Por ejemplo, un accidente podría tener muchos vehículos implicados, así como un vehículo concreto podría estar implicado en muchos accidentes distintos.
- Casualties-Accidents: relación de tipo n-n entre víctimas y accidentes, ya que, del mismo modo, un accidente podría dejar más de un herido y una persona podría sufrir más de un accidente.
- Casualties-Vehicles: relación que refleja el número de personas que viajaban en el vehículo en el momento del impacto.

A continuación, se muestra una tabla con parte de la información que contiene cada fichero.



VEHICLES.CSV			
Identificador del accidente			
Accident_Index. Cadena de texto que identifica el accidente			
Longitud			
Longitude.			
Latitud			
Latitude.			
Severidad del accidente			
Accident_Severity. Grado de severidad del accidente utilizando una escala del 1 al 3.			
Código	Descripción	Código	Descripción
1	Fatal	3	Leve
2	Seria		
Número de vehículos implicados			
Number_of_Vehicles. Número de vehículos implicados en el accidente.			
Número de personas afectadas			
Number_of_Casualties. Número de personas fallecidas o heridas.			
Fecha			
Date. Fecha (DD-MM-YYYY) en la que ocurrió el accidente.			
Día de la semana			
Day_of_Week. Día de la semana en el que ocurrió el accidente.			
Código	Descripción	Código	Descripción
1	Domingo	5	Jueves
2	Lunes	6	Viernes
3	Martes	7	Sábado
4	Miércoles		
Hora			
Time. Indica la hora (HH:MM) del accidente.			
Límite de velocidad			
Speed_Limit. Indica la velocidad máxima de la vía en la que sucede el accidente.			
Condiciones meteorológicas			
Weather_Conditions. Indica las condiciones meteorológicas.			
Código	Descripción	Código	Descripción
-1	No informado	5	Lloviendo. Con fuertes vientos
1	Bueno. Sin fuertes vientos	6	Nevando. Con fuertes vientos
2	Lloviendo. Sin fuertes vientos	7	Niebla
3	Nevando. Sin fuertes vientos	8	Otro
4	Bueno. Con fuertes vientos	9	Desconocido
2	Húmedo	6	Con gasolina o diésel
3	Con nieve	7	Con barro
Área rural o urbana			
Urban_or_Rural_Area. Indica si se trata de un área urbana o rural.			
Código	Descripción	Código	Descripción
1	Urbana	3	Sin informar
2	Rural		

ACCIDENTS.CSV			
Identificador del accidente			
Accident_Index. Cadena de texto que identifica el accidente.			
Identificador del vehículo			
Vehicle_Reference. Cadena de texto que identifica el vehículo implicado.			
Tipo de vehículo			
Vehicle_Type. Indica el tipo de vehículo.			
Código	Descripción	Código	Descripción
-1		17	Vehículo agrícola
2	Motocicleta (<= 50 cc)	18	
3	Motocicleta (<= 125 cc)	19	Furgonetas/Camiones (<= 3.5 t)
4	Motocicleta (<= 500 cc)	20	Furgonetas/Camiones (<= 7.5 t)
5	Motocicleta (> 500 cc)	21	Furgonetas/Camiones (> 7.5 t)
8	Taxi	22	
9	Coche	23	
10	Minibús (8 – 16 pasajeros)	90	Otro vehículo
11	Autobús (17 o más pasajeros)	97	
16	Caballo	98	Vehículos pesados
Primer punto del impacto			
1st_Point_of_Impact. Indica que parte del vehículo recibió el primer golpe.			
Código	Descripción	Código	Descripción
-1	Sin informar	2	Por detrás
0	Sin golpe	3	Lateral. Copiloto
1	De frente	4	Lateral. Conductor
Propósito del viaje			
Journey_Purpose_of_Driver. Motivo del viaje.			
Código	Descripción	Código	Descripción
-1	Sin informar	4	Alumno va/viene al/del colegio
1	Viaje como parte del trabajo	5	Otro
2	Ir/volver al/del trabajo	6	Desconocido
3	Llevar/traer al niño al/del cole	15	Otro/no conocido
Sexo del conductor			
Sex_of_Driver. Indica si el conductor es un hombre o una mujer.			
Código	Descripción	Código	Descripción
-1	Sin informar	2	Mujer
1	Hombre	3	No se sabe
Edad del conductor			
Age_of_Driver. Indica la edad del conductor.			
Antigüedad del vehículo			
Age_of_Vehicle. Indica los años de antigüedad que tiene el vehículo.			

CASUALTIES.CSV			
Identificador del accidente			
Accident_Index. Cadena de texto que identifica el accidente.			
Identificador del vehículo			
Vehicle_Reference. Cadena de texto que identifica el vehículo implicado.			
Identificador de la persona			
Casualty_Reference. Número que identifica la persona afectada.			
Tipo de persona			
Casualty_Class. Indica la posición que ocupaba la persona durante el accidente.			
Código	Descripción	Código	Descripción
1	Conductor	3	Peatón
2	Pasajero		
Edad de la persona			
Age_of_Casualty. Indica la edad de persona afectada.			
Sexo de la persona			
Sex_of_Casualty. Indica si se trata de un hombre o una mujer.			
Código	Descripción	Código	Descripción
-1	Sin informar	2	Mujer
1	Hombre	3	Desconocido
Severidad			
Casualty_Severity. Indica el grado de lesión de la persona.			
Código	Descripción	Código	Descripción
1	Fatal	3	Leve
2	Seria		

Por último, indicar que no toda la información almacenada en estos ficheros ha sido utilizada en el proyecto, centrándome en el fichero Accidents, al que únicamente se le ha añadido la información referente al tipo de vehículo empleado.



## Capítulo 5

### Safeway

El presente apartado, se centrará en explicar los conceptos claves que nos permitan entender qué es Safeway y la finalidad con la que éste fue creado.

Podríamos definir Safeway como un sistema de recomendación visual en el que, tal y como su nombre indica, se recomienda el camino (way) más seguro (safe) entre dos puntos geográficos, tomando el contexto como el elemento más importante en la recomendación de rutas.

Ahora bien, ¿qué tiene Safeway de especial? ¿qué ventajas nos aporta con respecto a los múltiples recomendadores que tan populares se han hecho en los últimos años?

Para responder a estas preguntas debemos centrarnos en dos puntos claves, como son la visualización y el contexto. A continuación, veremos por qué ambos aspectos tienen un carácter tan significativo en la aplicación.

- **Visualización:** Si tuviéramos que definir de algún modo el concepto de visualización de datos, podríamos decir que es el diseño intencional de la comprensión. Y es que, el cerebro humano retiene y entiende mejor todo aquello que puede ver. Es por ello, por lo que con Safeway, no queríamos limitarnos a ofrecer la ruta más segura para el usuario sin que éste pudiera entender el porqué de nuestra recomendación. Consideramos que es importante que la persona interesada en hacer uso de la aplicación pueda ver los aspectos por los se ha considerado una ruta más segura que otra, ofreciendo así un mayor grado de confianza en la aplicación y sin duda, una mayor seguridad en el resultado propuesto.
- **Contexto:** Este es otro de los elementos claves y diferenciadores que ofrece la herramienta. Con Safeway, no queremos mostrar una recomendación genérica basada únicamente en contenido, si no que queremos de algún modo,

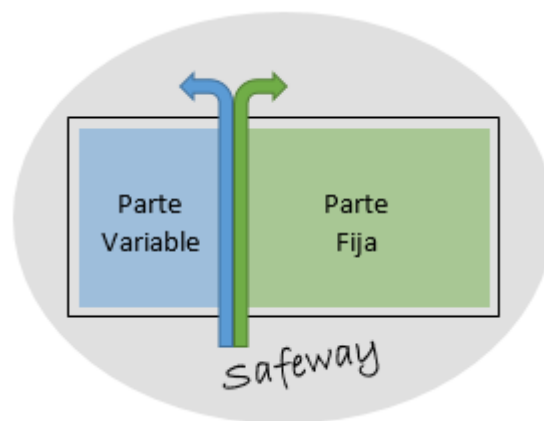
personalizar el resultado mostrado en función del usuario, hito que logramos gracias al uso del contexto.

Y es que, el hecho de darle una alta importancia al contexto en la recomendación, otorga al usuario de algo tan importante como es la capacidad de elección. A través del menú de la herramienta, éste puede elegir el momento en el que desea realizar su viaje (día y hora), así como el vehículo que va a emplear o las condiciones meteorológicas a las que se enfrentará durante el trayecto. Adicionalmente, podrá conceder mayor o menor importancia a muchos de estos parámetros, creando de este modo, un resultado personalizado que se ajuste a sus necesidades o preferencias.

Ahora que tenemos claro qué es Safeway y con qué intención fue creada, se va a explicar en detalle las distintas funcionalidades que ofrece la herramienta para conseguir el fin descrito al comienzo de la sección.

### 5.1 Interfaz

Safeway se presenta al usuario con una interfaz sencilla y altamente intuitiva. Visualmente, la aplicación se encuentra dividida en dos partes muy diferenciadas: una parte variable y otra fija.

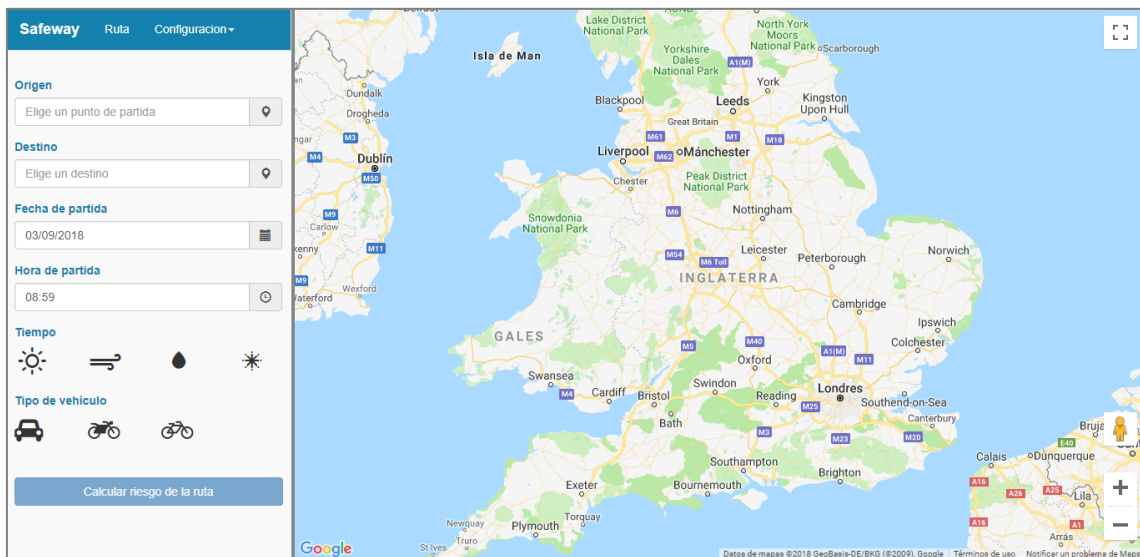


*Ilustración 8 - Safeway (Estructura de la página)*

Tal y como se observa en la imagen anterior, la parte variable de la aplicación se sitúa en el lado izquierdo de la pantalla. Recibe este nombre ya que la información que se muestra en este apartado varía en función de la tarea que se está llevando a cabo en la aplicación.

En el lado derecho, se encuentra la parte fija de la aplicación. Se dice que es “fija” porque la información que se ofrece al usuario en este área de la pantalla siempre se

muestra sobre un mapa. En cualquier caso, cabe resaltar que se trata de una parte fija pero no estática, es decir, la información que se muestra sobre el mapa sí puede variar.



*Ilustración 9 - Página principal de la aplicación*

### 5.3 Funcionalidades

En esta sección se describen las principales funcionalidades desarrolladas en la aplicación.

Para cada una de ellas, se ha hecho una breve introducción explicando en qué consiste la funcionalidad y por qué se ha implementado. Adicionalmente, se presentan tres apartados en los que se hace referencia al uso de la funcionalidad a través de la interfaz y a nivel de usuario, cómo se han implementado a nivel de software los cálculos y procedimientos necesarios para llevarlos a cabo y a los resultados obtenidos.

#### 5.3.1 Elección de la ruta

Se trata de la funcionalidad más importante de la aplicación, ya que se encarga de proporcionar al usuario un formulario a través del cual pueda indicar al sistema el trayecto que quiere realizar, así como completar otros campos que permitan su contextualización, como podrían ser la hora y fecha de partida o el tipo de vehículo empleado.

Sin esta información el sistema no podría llevar a cabo su objetivo principal, es decir, no sería capaz de estudiar los caminos alternativos entre dos puntos y recomendar al usuario la ruta que considere más segura en función del contexto definido.

### 5.3.1.1 Uso de la funcionalidad (a nivel de *usuario*)

Esta es la funcionalidad que la aplicación muestra por defecto en su pantalla inicial, aunque también se encuentra accesible en todo momento a través de dos vías, como son la opción “Ruta” presente en el menú principal o pulsando directamente sobre el nombre de la aplicación situado en la parte superior izquierda de la pantalla.

Como podemos observar en la imagen de la derecha, esta funcionalidad muestra un sencillo formulario a través del cual el usuario debe indicar el viaje que desea realizar, rellenando los campos denominados como origen y destino.

Ilustración 11- Elección de la ruta (Origen y Destino)

Ilustración 10 - Elección de la ruta (Formulario)

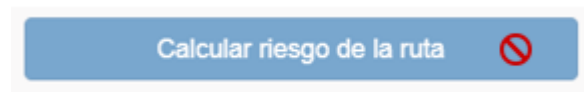
Sobre estos parámetros, cabe destacar, que a medida que el usuario va introduciendo la dirección, la herramienta muestra un desplegable, ofreciendo diversos lugares cuyas direcciones se ajustan a los caracteres que haya introducido hasta el momento. De esta manera no necesita llevar a cabo la ardua tarea de escribir una dirección completa y, además, se asegura la validez de la dirección indicada, hecho que ha sido posible gracias a los métodos y funciones ofrecidos por la API de Google Maps.

Adicionalmente, al lado de estos campos se encuentra un icono de localización. Al pulsarlo, se obtiene la dirección actual del usuario y se autocompleta el campo origen o destino (según el icono seleccionado). Sin embargo, actualmente, esta funcionalidad sólo tiene sentido si el usuario se encuentra en algún lugar de Reino Unido ya que el dataset no contiene información de sobre los accidentes que tienen lugar en otros países.

Por último, indicar que el botón “Calcular riesgo de la ruta”, situado en la parte inferior del formulario, se mantiene deshabilitado hasta que estos campos son completados, ya que todo trayecto necesita un punto de origen y destino. Una vez son



introducidos, el botón se habilita permitiéndole al usuario realizar el cálculo del riesgo y ofreciéndole las tres alternativas que la herramienta haya considerado como más seguras.



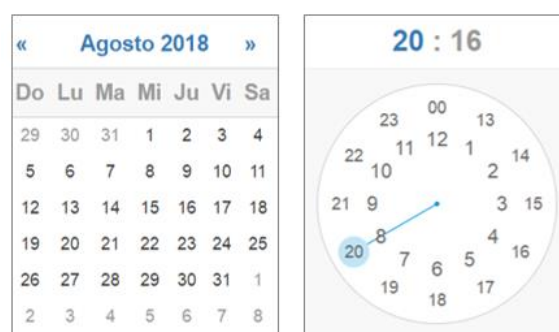
Aunque, como acabamos de ver, Safeway puede calcular las rutas más seguras simplemente teniendo la información relativa a estos dos campos (origen y destino), el formulario contiene otros muchos que iremos viendo en las siguientes líneas y que permitirán dar un mayor grado de contextualización, ofreciéndole al usuario una ruta segura personalizada y que se ajuste mejor a sus necesidades.

Los primeros de estos campos adicionales presentes en el formulario y que el usuario puede incluir en el contexto de su viaje, hacen referencia a la fecha y hora en la que se desea iniciar el trayecto. Ambos campos aparecen completados por defecto mostrando el día y la hora actual, aunque pueden ser modificados por el usuario pulsando sobre los iconos que aparecen a la derecha.

El formulario está dividido en dos secciones. La superior, titulada "Fecha de partida", contiene un campo de texto con el valor "31/08/2018" y un icono de calendario a la derecha. La inferior, titulada "Hora de partida", contiene un campo de texto con el valor "18:48" y un icono de reloj a la derecha.

*Ilustración 12 - Elección de la ruta (Fecha y Hora)*

Al pulsar sobre el icono del calendario, aparecerá un pop-up que mostrará el mes actual y permitirá al usuario cambiarlo mediante las teclas de avance y retroceso con el fin de seleccionar la fecha que desee. La hora, funciona de manera similar, ya que al pinchar sobre el icono disponible, parecerá un nuevo pop-up con forma de reloj donde el usuario podrá seleccionar la hora y minuto en la que quiera poner rumbo a su viaje.



*Ilustración 13 - Elección de la ruta (pop-ups)*

Por último, el usuario dispone de una serie de iconos a través de los cuales podrá seguir contextualizando su viaje indicando las condiciones meteorológicas a las que se enfrentará durante el trayecto y el tipo de vehículo que va a emplear. Para seleccionar un campo bastará con pulsar el icono y automáticamente se resaltará utilizando el color azul.



Ilustración 14 - Elección de la ruta (Tiempo y Vehículo)

Una vez completados el origen y destino y todos aquellos campos adicionales que el usuario haya considerado, se podrá proceder al cálculo de la ruta recomendada pulsando sobre el botón “Calcular riesgo de la ruta”.



En caso de introducir un origen y/o destino no válido(s) se mostrará un mensaje advirtiéndolo al usuario de su error.

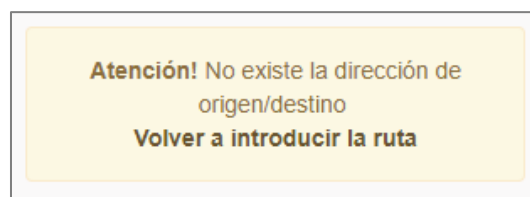


Ilustración 15 - Elección de la ruta (Origen/Destino incorrecto)

En caso contrario, el sistema comenzará a calcular las rutas recomendadas, atendiendo siempre al menor grado de riesgo y ofreciendo hasta un máximo de tres alternativas posibles. La ruta perteneciente a la alternativa marcada, se puede identificar mediante la línea rosa que une el origen con el destino indicando el camino a seguir.

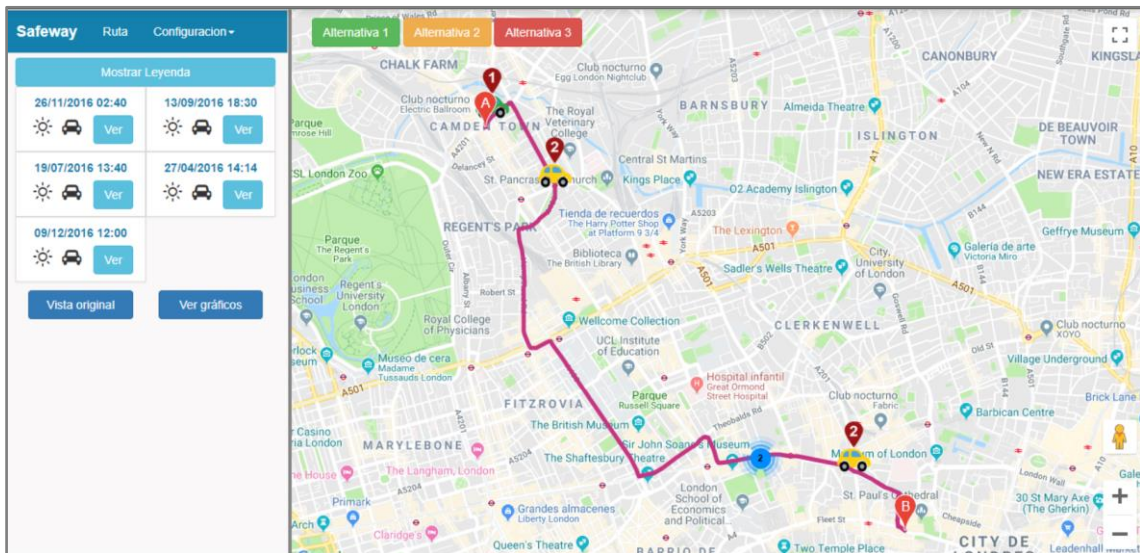


Ilustración 16 - Elección de la ruta (Ruta)

Ahora que tenemos nuestro resultado, es importante entender toda la información que se presenta sobre él. Además de la ruta, señalada a través de una línea de tono rosa, se ven unos círculos azules que contienen un número en su interior. Esto es lo que se denomina como clúster, o lo que es lo mismo, agrupaciones de accidentes registrados en el dataset que han tenido lugar sobre esa zona. El hecho de organizar la información de estos accidentes en clústeres permite proporcionar una interfaz limpia y clara que evita la saturación del usuario mostrándole un exceso de información. En cualquier caso, a medida que hacemos zoom sobre el mapa los accidentes se irán desplegando, ya sea formando clústeres de menor tamaño o bien mostrando el icono del accidente, tal y como puede verse en la siguiente imagen. Es importante señalar que es posible que un clúster no se despliegue a pesar de tener el zoom al máximo, en ese caso, podemos afirmar que se trata de varios accidentes diferentes registrados en un mismo punto.

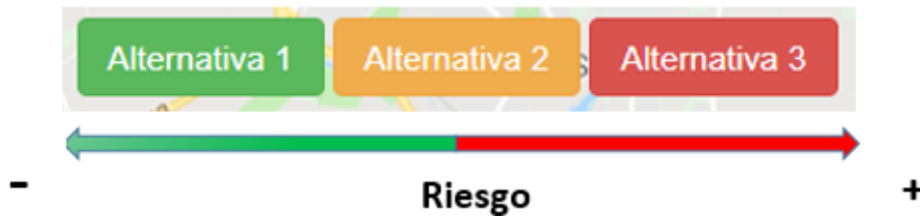


Ilustración 17 - Elección de la ruta (Zoom)

Otra de las posibilidades que nos ofrece el resultado mostrado por la herramienta es la de elegir nuestro trayecto de entre las tres rutas consideradas como

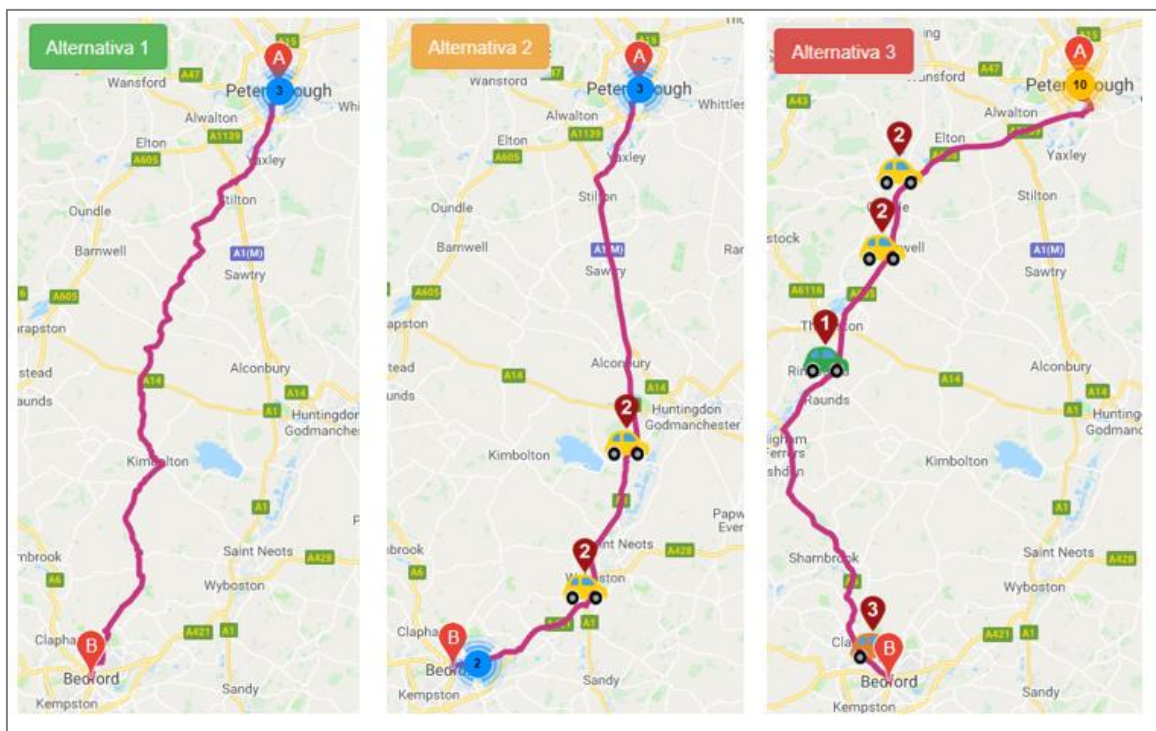
más seguras. Para visualizar las distintas alternativas, basta con pulsar sobre los tres botones situados en la parte superior izquierda del mapa.

Safeway muestra por defecto la “Alternativa 1”, que se corresponde con la mejor ruta, es decir, aquella que supone un riesgo menor según la configuración establecida o el contexto introducido a través del formulario. En cualquier caso, el usuario tiene a su alcance otras dos alternativas que puede consultar con el fin de visualizar la información ofrecida sobre el trayecto marcado y comprender de este modo el porqué de la recomendación realizada por el sistema.



*Ilustración 18 - Elección de la ruta (Botones alternativos)*

En la imagen que se presenta a continuación, se puede observar un ejemplo con las tres alternativas propuestas por Safeway para el trayecto Peterborough – Bedford.



*Ilustración 19 - Elección de la ruta (Rutas alternativas)*

Además de toda la información proporcionada por el mapa, en la parte izquierda de la aplicación se muestra un resumen de los accidentes que tienen lugar en el trayecto visualizado a la derecha, así como el día y la hora en la que se produjeron o el tipo de vehículo implicado y las condiciones meteorológicas del momento. El botón ver, tal y

como se muestra en la siguiente imagen, permite visualizar en el mapa la zona en la que se produjo el accidente usando Google Street View.



Ilustración 20 - Elección de la ruta (Resumen accidentes)

Aunque los iconos empleados en la descripción son bastante claros e intuitivos, a través del botón “Mostrar leyenda” obtenemos una breve descripción de cada uno de ellos. Adicionalmente, se indica que el número mostrado en el icono del accidente refleja las características comunes entre el contexto introducido por el usuario a través del formulario y el accidente ya registrado en la base de datos incluida en Safeway. Cuantas más características tengan en común, más oscuro será el icono empleado.

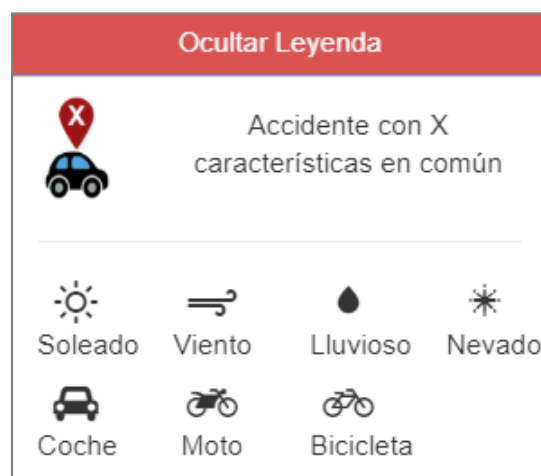


Ilustración 21 - Elección de la ruta (Leyenda)



Por último, el usuario también puede visualizar gráficamente como se distribuyen los accidentes según la hora en la que se produjeron, las condiciones meteorológicas a las que se enfrentaron, el tipo de vehículo empleado y la severidad del accidente. Para ello el usuario deberá pulsar el botón “Ver gráficos” situado en la parte izquierda de la aplicación, tras el resumen de los accidentes.

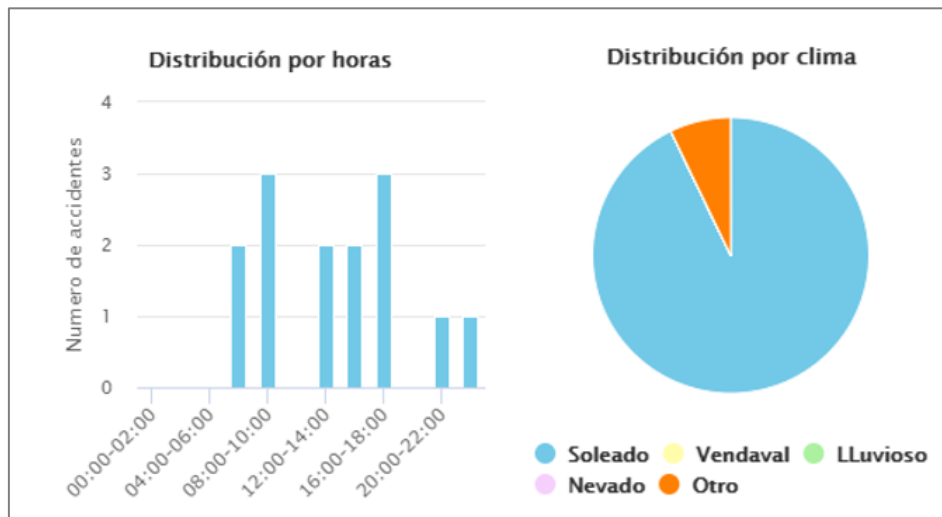


Ilustración 22 - Elección de la ruta (Gráficos)

### 5.3.1.2 Implementación de la funcionalidad

En este apartado se detallan los pasos que se ejecutan a medida que el usuario interactúa con el sistema.

Como ya sabemos, en primer lugar, el usuario debe completar el formulario del viaje introduciendo al menos los dos primeros campos, es decir, el origen y el destino. Una vez completados, puede solicitar al sistema que calcule el riesgo de la ruta a través del botón que se muestra en la parte inferior. En ese preciso momento, el sistema obtiene los valores introducidos en el formulario y transforma las direcciones (en formato texto) en coordenadas (latitud y longitud) usando funciones de geocodificación proporcionadas por la API de Google Maps.

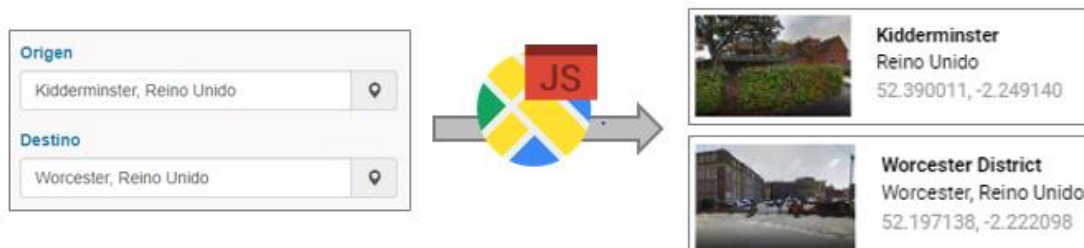
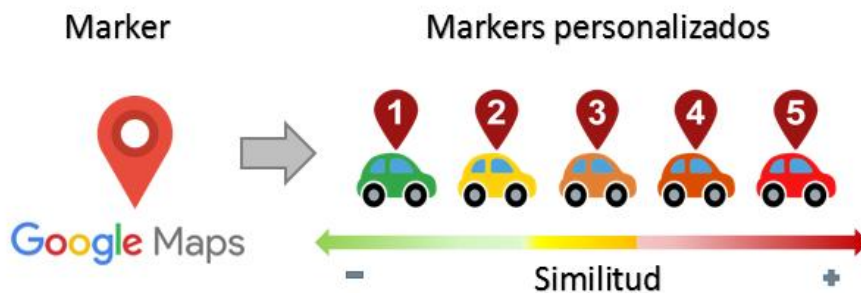


Ilustración 23 - Elección de la ruta (Geocodificación)

Una vez convertidas las direcciones de origen y destino al sistema de coordenadas, se calcularán todas las alternativas que existen para ir de un punto al otro. Todo ello gracias al servicio de direcciones que también proporciona Google Maps. Una vez calculadas las rutas, el sistema seleccionará únicamente las tres primeras y analizará los puntos (coordenadas) por los que pasa. Esta información será analizada por el sistema, que se encargará de buscar dicho punto en el fichero que corresponda, en función del cuadrante al que pertenezca, con el fin de conocer si existe algún accidente registrado en el lugar.

En caso de encontrarlo, se añadirá un marcador (Marker) sobre la ruta. Por defecto Google Maps genera el marcador rojo que todos conocemos, pero también ofrece la posibilidad de modificarlo, ventaja que se ha aprovechado en la aplicación para añadir marcadores más intuitivos y que ofrezcan una mayor información, dando a conocer la similitud existente entre el contexto introducido por el usuario a través del formulario y el registrado en el archivo csv. El cálculo de esta similitud permitirá representar el número de coincidencias presentes entre ambos sobre el mapa.



*Ilustración 24 - Elección de la ruta (Marcadores accidente)*

Este valor de similitud incluido en el marcador, se calcula viendo cuántos parámetros tienen en común de entre los cinco campos obtenidos del formulario: coordenadas, fecha, hora, condiciones meteorológicas y tipo de vehículo, pudiendo tomar por lo tanto valores entre uno y cinco, siendo uno, un único campo en común y cinco, todos los campos en común. En este sentido, cabe señalar que el marcador nunca podría tomar como valor cero, ya que para detectar ese accidente como registrado, como poco, necesitan compartir las coordenadas.

Además de esta “similitud”, que como ya se ha mencionado se emplea únicamente para hacer visible el grado de coincidencia sobre el marcador, el sistema calcula lo que se denomina “peso total de la ruta”. Aunque para realizar estos cálculos, es necesario entender cómo funciona el panel de configuración que ofrece otra de las funcionalidades de la herramienta, y que se explica en el próximo apartado de la memoria, se darán unas breves pinceladas que permitan conocer cómo se han llevado a cabo los cálculos.

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, el usuario puede personalizar el contexto de su viaje, dándole a cada parámetro que introduce en el formulario, una

determinada importancia o peso. Este peso, será lo que denominemos en nuestros cálculos como peso del campo.

Ahora que ya sabemos qué es este concepto, podemos pasar a explicar cómo obtenemos el peso de una determinada ruta:

$$\text{Peso Accidente} = \sum \text{Pesos campos coincidentes} + \text{severidad del accidente}$$

$$\text{Peso Total Ruta} = \sum \text{Pesos accidentes registrados}$$

De este modo, y tal y como se observa en las fórmulas anteriores, el sistema calculará en primer lugar el peso de cada accidente, que será mayor cuantos más aspectos compartan y mayor importancia se le haya otorgado al campo (o riesgo) en cuestión, para después proceder a calcular el peso total de la ruta, que será la suma de cada uno de los pesos de los accidentes que la componen.

El trayecto con menor peso será considerado como la mejor ruta y por tanto será la mostrada inicialmente al usuario como la primera de las alternativas. El resto de rutas serán clasificadas como la segunda y tercera alternativa según su peso, siendo la tercera la peor y por tanto la que mayor peso tiene.

Llegados a este punto, el usuario podrá pulsar sobre las distintas alternativas y el sistema irá variando la visualización mostrada sobre el mapa al mismo tiempo. Cabe señalar que tal y como se mencionó en el apartado anterior, los accidentes se muestran organizados en clústeres con el fin de no saturar al usuario sobrecargando el mapa de información. La utilización de estos clústeres ha sido de nuevo posible gracias a la API de Google Maps, cuya clase MarkerCluster ofrece unos métodos que permiten agrupar los marcadores añadidos.

Por otro lado, y en cuanto a la generación de los gráficos, cabe destacar que se ha utilizado el framework de HighCharts que recibe para cada ruta la distribución de los accidentes según la hora, tipo de vehículo y condiciones meteorológicas.

### 5.3.1.3 Resultados obtenidos

Con el fin de poner a prueba el sistema, se han calculado una serie de rutas en Safeway y se han comparado los resultados obtenidos con los proporcionados por Google Maps. De este modo, se puede comprobar si ambos sistemas recomiendan la misma ruta o, por el contrario, Safeway prefiere proporcionar al usuario una ruta más larga pero más segura, tal y como se espera de la herramienta.

Para ilustrarlo, se toma como ejemplo el trayecto “Camdem Twon - St. Paul's Cathedral” donde se observa que el camino recomendado en los dos sistemas no es el mismo. Google Maps proporciona la ruta más rápida teniendo en cuenta únicamente la distancia existente entre origen y destino y el tráfico actual, mientras que Safeway, recomienda otra ruta alternativa, que aunque tiene las mismas millas que la proporcionada por Google, ésta ofrece el mínimo grado de riesgo en el trayecto, dejando la ruta recomendada por Google como la tercera de sus alternativas, ya que es la ruta con más accidentes registrados en el último año y por tanto, se podría categorizar como la ruta que más riesgo presenta.



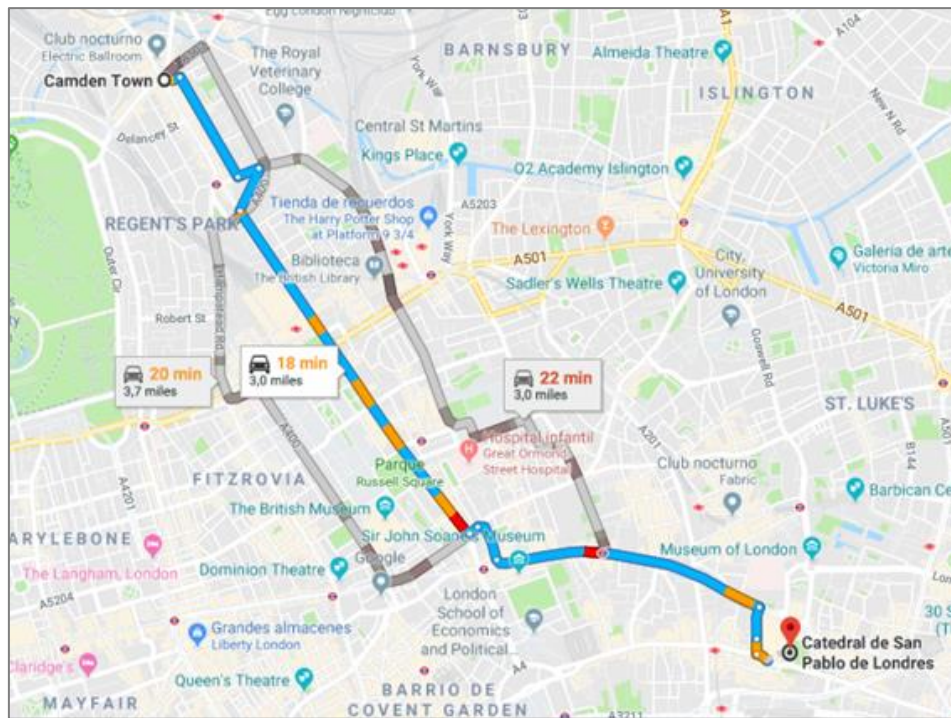


Ilustración 25 - Elección de la ruta (Google Maps)

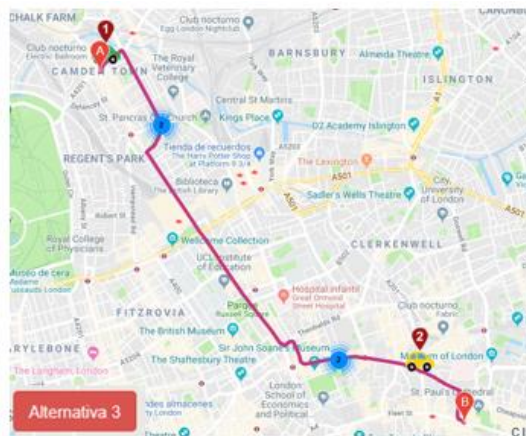
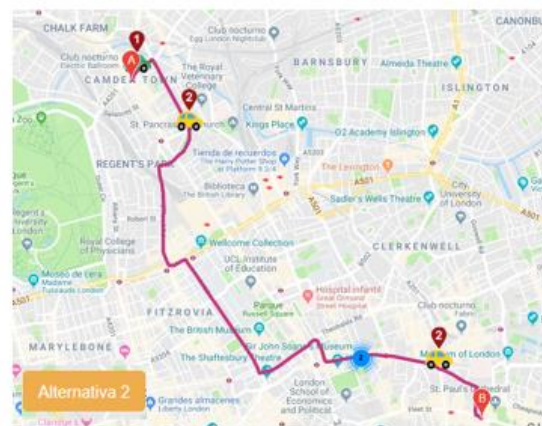
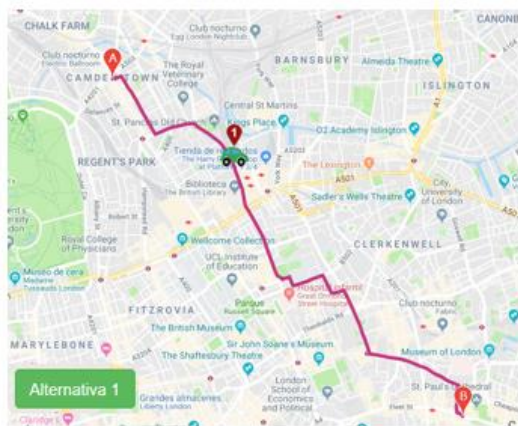


Ilustración 26 - Elección de la ruta (Alternativas Safeway)

### 5.3.2 Configuración del sistema

Se trata de una de las funcionalidades más importante ya que permite a los usuarios indicar la precisión y la importancia que se quiere otorgar a cada parámetro. Con esta funcionalidad se consigue dar un toque más personal a la herramienta, puesto que sin ella la ruta recomendada sería siempre la misma mientras que al hacer uso de este panel la recomendación obtenida puede verse afectada.

#### 5.3.2.1 Uso de la funcionalidad (a nivel de usuario)

Para hacer uso de esta funcionalidad, el usuario deberá seleccionar la opción establecer parámetros que se encuentra en la pestaña “Configuración” del menú principal, tal y como muestra la siguiente figura.

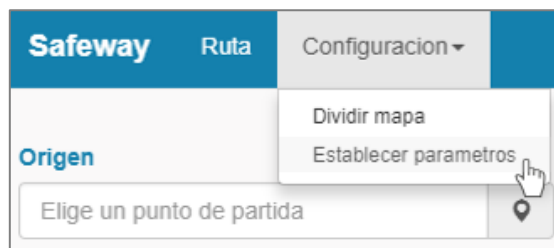


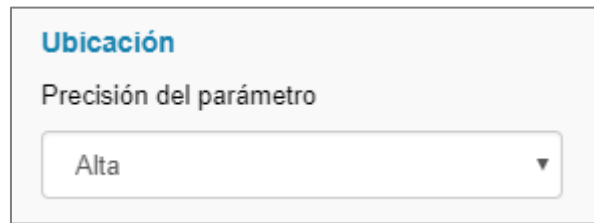
Ilustración 28 - Configuración (Menú)

The image shows a configuration panel for the Safeway application. It has a blue header bar with 'Safeway', 'Ruta', and 'Configuración'. The 'Configuración' tab is selected. The panel contains several sections: 'Ubicación' with a 'Precisión del parámetro' dropdown set to 'Alta'; 'Fecha de partida' with 'Importancia del parámetro: 0' and a slider, and a 'Precisión del parámetro' dropdown set to 'Día de diario / Fin de semana'; 'Hora de partida' with 'Importancia del parámetro: 80' and a slider, and a 'Precisión del parámetro' dropdown set to 'Intervalos de hora similares'; 'Tiempo' with 'Importancia del parámetro: 100' and a slider; and 'Tipo de vehículo' with 'Importancia del parámetro: 50' and a slider. At the bottom is a blue button labeled 'Aceptar'.

Ilustración 27 - Configuración (Panel)

Una vez seleccionada la opción “Establecer parámetros”, la aplicación muestra un formulario en el lado izquierdo o parte variable de la aplicación a través del cual se pueden modificar los parámetros, estableciendo para cada uno de ellos, como norma general, su grado de precisión e importancia.

Entre estos parámetros se encuentra la ubicación del accidente, que indica la precisión con que se buscarán los puntos por los que pasa la ruta en el dataset para, posteriormente, mostrar los accidentes ocurridos en el mapa. La precisión del parámetro puede ser desde “Muy alta a Baja”, cuanto más alta es, menos accidentes se mostrará ya que el sistema exigirá que el punto de la ruta y del accidente sean exactamente el mismo y por tanto, cuanto más baja es, más accidentes aparecerán ya que incluso se buscarán aquellos que se encuentren en las proximidades de la ruta.



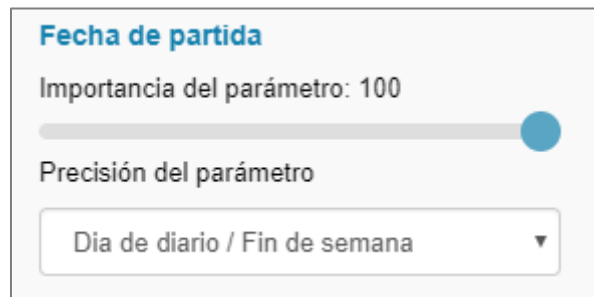
Ubicación

Precisión del parámetro

Alta ▼

Ilustración 29 - Panel configuración (Ubicación)

Otro de los parámetros que se puede configurar es la fecha de partida. En este caso no solo se puede modificar la precisión del parámetro sino que también se puede determinar la importancia o peso que se le quiere dar para obtener la recomendación.



Fecha de partida

Importancia del parámetro: 100

Precisión del parámetro

Día de diario / Fin de semana ▼

Ilustración 30 - Panel de configuración (Fecha partida)

La precisión del parámetro fecha determina en que ha de coincidir la fecha de partida (introducida por el usuario en el formulario del viaje) con la del accidente. Por ejemplo: Imaginemos que el usuario indica que va a realizar un trayecto el día 15 de septiembre de 2018 (que cae en sábado). En caso de seleccionar la opción, (“Día del mes”) obtendrá un peso mayor la alternativa que contuviese más accidentes ocurridos el día 15 de cualquier mes, pudiendo ser esta ruta la peor. Si en cambio marcase la opción “Día de la semana”, se consideraría peor trayecto aquel que incluyese más accidentes producidos un sábado, al igual que con la última opción (“Día de la semana / Fin de semana”) salvo que también tendría en cuenta los domingos.

Al igual que la fecha, también se puede establecer la importancia y la precisión de la hora de partida. En cuanto a la precisión se pueden elegir tres valores: “Hora exacta”, es decir, hora y minuto, “Solo hora” e “Intervalos de hora similares” donde por ejemplo los accidentes ocurridos a las 10:00 se consideran similares a los ocurridos a las 11:20.

Panel de configuración para la hora de partida. Incluye un título 'Hora de partida', un indicador de importancia del parámetro (80) con un slider, un indicador de precisión del parámetro, y un menú desplegable con la opción 'Intervalos de hora similares'.

Ilustración 31 - Panel de configuración (Hora de partida)

Por último, también puede indicar cuán importante considera el usuario la climatología y el tipo de vehículo implicado en el accidente para la recomendación de la ruta.

Panel de configuración para tiempo y vehículo. Incluye un título 'Tiempo', un indicador de importancia del parámetro (100) con un slider, un título 'Tipo de vehículo', y un indicador de importancia del parámetro (50) con un slider.

Ilustración 32 - Configuración (Tiempo y Vehículo)

Una vez establecida la configuración deseada pulsará el botón “Aceptar”, situado en la parte inferior del formulario, y automáticamente aparecerá un mensaje indicando que la configuración ha sido guardada con éxito. Esta configuración se aplicará en las próximas recomendaciones.

Mensaje de confirmación: 'Configuración guardada con éxito'. Incluye instrucciones para introducir una ruta pulsando en el siguiente enlace.

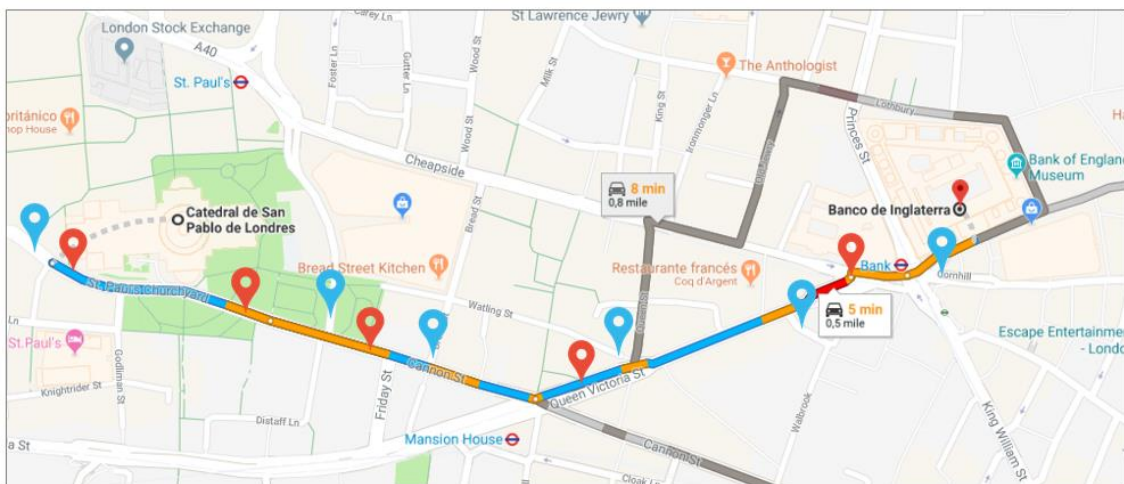
Ilustración 33 - Configuración (Guardada)

### 5.3.2.2 Implementación de la funcionalidad

En este apartado se pretende explicar cómo afecta la configuración establecida por el usuario al sistema de recomendación.

Lo primero de todo decir que dicha configuración se almacena en el navegador mediante el uso de cookies para que el usuario pueda conocer en cualquier momento la configuración guardada y con la que por tanto se están realizando las recomendaciones. Adicionalmente, el sistema, también guarda, en un fichero, una copia local de la configuración establecida.

Por otro lado, respecto a la precisión de la ubicación, que podía tomar los valores Muy Alta, Alta, Media y Baja conviene explicar que realmente estos valores se traducen en la cantidad de decimales que se van utilizar en la búsqueda de los accidentes. Por este motivo, si se utiliza el sistema habiendo establecido el valor de la precisión en “Muy Alta” se mostrarán únicamente los accidentes que han ocurrido en los puntos exactos por los que pasa la ruta (marcadores rojos). Estos puntos utilizan seis decimales ya que es como vienen en el dataset y por tanto sería imposible obtener una precisión mayor. Mientras que si se usa con un valor más bajo, se mostrarán más accidentes (marcadores azules) que aparecerán en las inmediaciones y no exactamente en la ruta ya que se amplía el margen de error.



*Ilustración 34 - Precisión ubicación accidente*

La precisión del resto de parámetros afectará en el cálculo de las coincidencias (número que se muestra en el icono del accidente) ya que se considerará coincidencia si el valor introducido por el usuario, en el formulario del viaje, coincide con el del accidente de acuerdo a la precisión establecida, en caso contrario, se añadirá el accidente pero no se sumará la característica.

Por último indicar que la importancia establecida para cada uno de los parámetros, afectará al cálculo del peso del accidente ya que en caso de coincidir tendrá en cuenta como de importante considera el usuario dicha coincidencia y le dará de esa manera un peso mayor o menor que señalará la ruta como más peligrosa o segura.

### 5.3.2.3 Resultados obtenidos

En este apartado se muestran algunos ejemplos que permiten visualizar y comprender como afecta la configuración establecida en el cálculo de la ruta.

En primer lugar, comenzaremos con un ejemplo en el que simplemente se modifica la precisión de la ubicación del accidente, pasando de una precisión alta a



media. El trayecto sobre el que se realiza la prueba es Norwich – Ipswich y el resultado es el que se presenta a continuación, donde podemos observar que el número de accidentes aumenta considerablemente ya que con una precisión media también se muestran los accidentes producidos en zonas cercanas a la ruta.



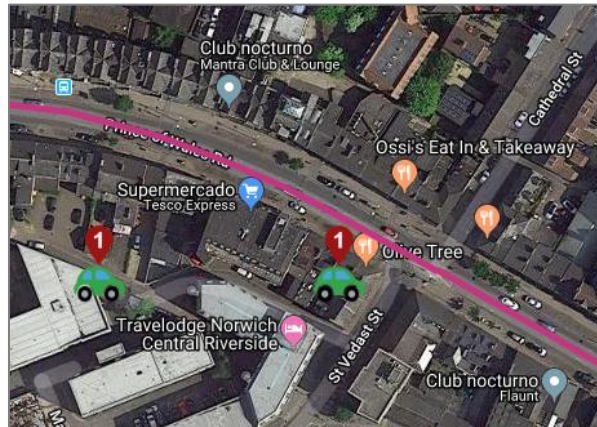


Ilustración 37 - Configuración (Resultado accidentes en las inmediaciones)

Finalmente, se incluye un ejemplo en el que se muestra cómo afecta la configuración establecida a la recomendación obtenida.

En este primer caso, el usuario establece una configuración en la que da la misma importancia a todos los parámetros y establece como niveles de precisión “Solo hora” y “Día de la semana”. Esto supondrá que el sistema otorgue un peso mayor a aquellos accidentes que sucedan a la hora en la que el usuario va a realizar el trayecto y aquellos producidos el mismo día de la semana.

Como podemos ver en la imagen el usuario indica que va a realizar el viaje el 10 de Julio de 2018 (martes) y que saldrá en su coche en torno a las 19:00 un día de viento.

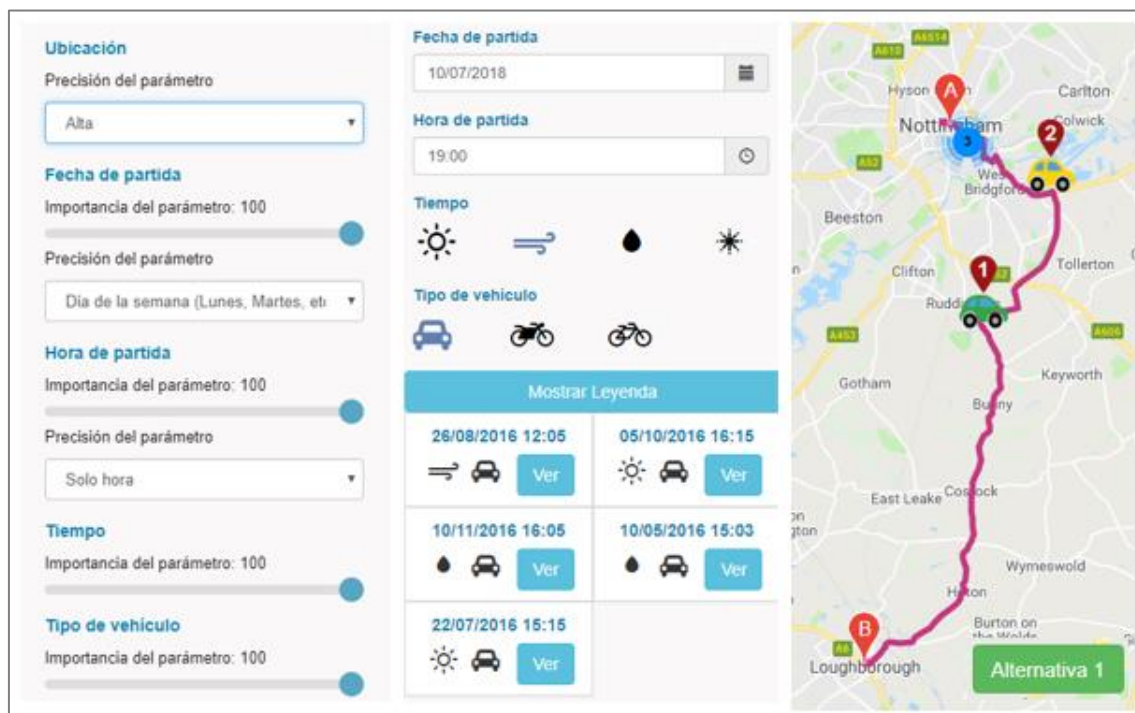


Ilustración 38 - Configuración (Ruta recomendada)

Sin embargo, si cambiamos la configuración dando especial importancia a la hora en la que se produce el accidente junto con las condiciones meteorológicas y el usuario indica que va a realizar un viaje en torno a las 15h un día de lluvia, entonces la mejor de las rutas pasará a ser la de mayor riesgo debido a la similitud de los casos.

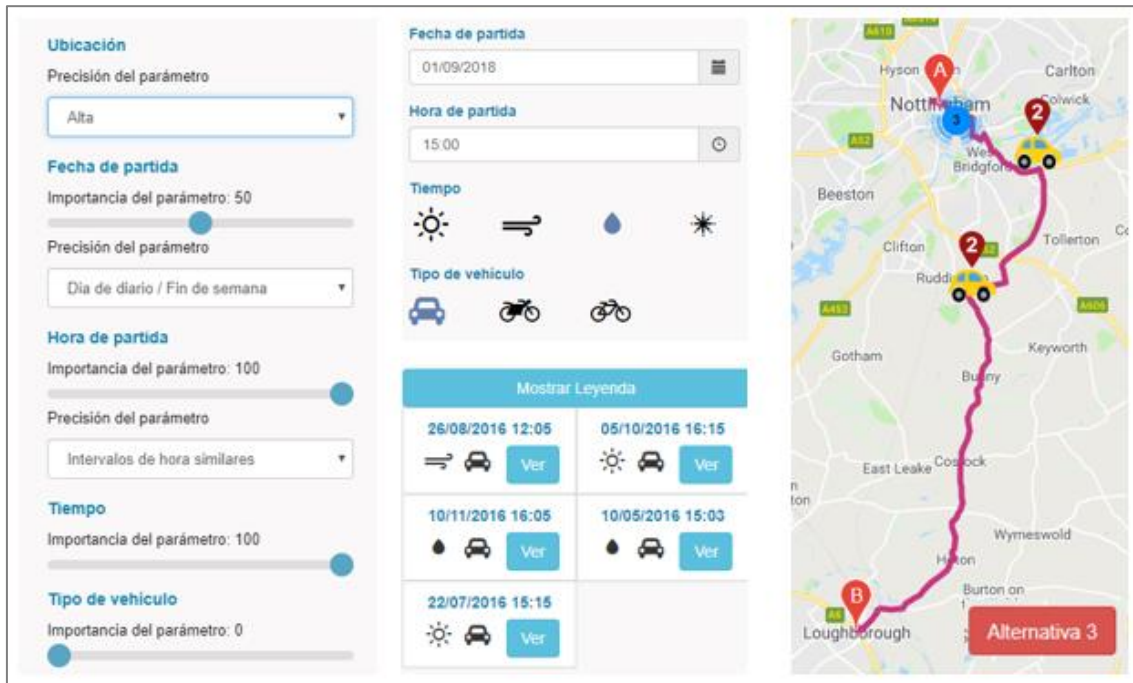


Ilustración 39 - Configuración (Ruta con mayor riesgo)

### 5.3.3 División del mapa

En el desarrollo de cualquier herramienta, no sólo importa el resultado ofrecido, sino que debe primar la calidad con la que se ha llegado al mismo teniendo en cuenta aspectos tan importantes como la optimización o eficiencia del cálculo o proceso. En Safeway, como medida de eficiencia, se llevó a cabo la división del mapa empleando un algoritmo basado en la técnica “Divide y vencerás”, que como su propio nombre indica, consiste en descomponer un problema complejo en otros más pequeños y fáciles de resolver, cuyas soluciones se combinan para dar una solución al problema original.

Este algoritmo se emplea con el objetivo de optimizar y agilizar la búsqueda de un accidente en un determinado punto del mapa, de manera que, al introducir un origen y un destino, el sistema no tenga que analizar todos los accidentes registrados en el conjunto de datos (o dataset) sino que únicamente emplee tiempo en analizar los accidentes que hayan tenido lugar en las proximidades de la ruta.

Para facilitar su comprensión, a continuación, se muestra un ejemplo de ruta entre Oxford y Brighton. En la primera imagen (izquierda) el sistema buscaría los puntos



que componen la ruta por todo el archivo, recorriéndose una gran cantidad de datos de manera innecesaria, mientras que en la segunda imagen (derecha) el sistema buscaría los puntos, únicamente, en los recuadros amarillos que son aquellos que contienen los tramos de la ruta por los que se pasaría.



Ilustración 40- Optimización en la búsqueda

Como se puede observar, de esta forma llegaríamos al mismo resultado, pero lo haríamos empleando la mitad de tiempo y recursos.

### 5.3.3.1 Uso de la funcionalidad (a nivel de usuario)

Aunque la aplicación funciona correctamente sin necesidad de definir el número de divisiones en las que se quiere segmentar el mapa, es recomendable hacer uso de esta capacidad, estableciendo el mayor número de divisiones posibles con el fin de optimizar el proceso.

La funcionalidad en cuestión, se encuentra accesible a través del menú principal de la aplicación, concretamente en el apartado “Configuración”, tal y como puede verse en la siguiente figura.

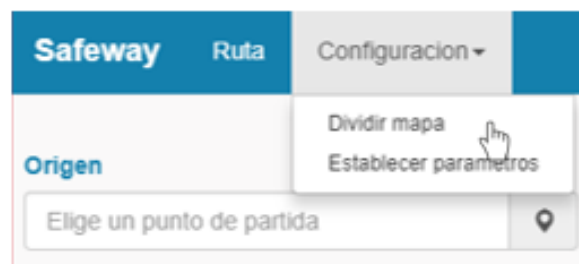


Ilustración 41 – División del mapa (Opción menú)

Una vez seleccionada la opción “Dividir mapa”, la aplicación muestra un mensaje en el lado izquierdo o parte variable de la aplicación que explica al usuario la acción que está a punto de realizar y le pide que especifique el tamaño de la matriz (NxN) en la que quiere dividir el mapa, pudiendo ser desde 4x4 hasta 12x12, obteniendo un máximo de 144 divisiones.

The screenshot shows a web application interface for 'Safeway'. At the top, there is a blue navigation bar with the text 'Safeway', 'Ruta', and 'Configuración' with a dropdown arrow. Below this, the main content area is titled 'Panel de configuración'. It contains the text 'Se va a dividir el mapa en una matriz de n x n.' followed by 'Por favor, indique el valor de n (min 4)'. There is a text input field with the number '8' and a dropdown arrow. Below the input field is a blue button labeled 'Aceptar'.

Ilustración 42 – División del mapa (Tamaño matriz)

Posteriormente, tras seleccionar un tamaño a través del desplegable, se pulsará sobre el botón “Aceptar” para que el sistema proceda a calcular y almacenar los puntos que limitan la porción del mapa asociada a cada cuadrante y comience a distribuir los accidentes en varios ficheros. Este proceso puede tardar unos minutos, dependiendo del volumen de datos, por lo que se le pide al usuario que espere pacientemente hasta su finalización.

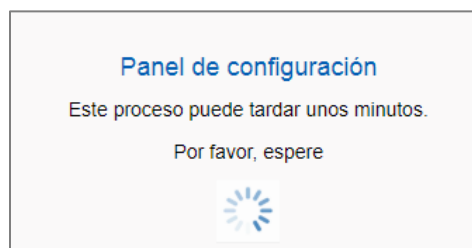
The screenshot shows the same 'Panel de configuración' as in the previous illustration. It contains the text 'Este proceso puede tardar unos minutos.' followed by 'Por favor, espere'. Below this text is a circular loading spinner icon.

Ilustración 43 - División del mapa (En progreso)

Cuando el sistema finaliza el proceso de división, informa al usuario a través de un mensaje y refleja en el propio mapa la división realizada, añadiendo unos números en el centro de cada cuadrante que indican el número de accidentes que se han producido en dicha sección.

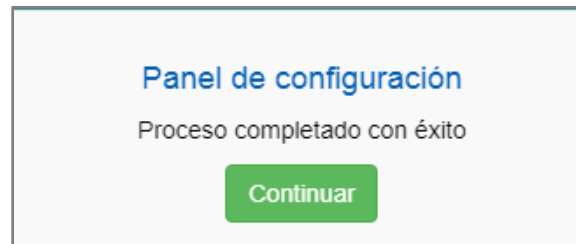


Ilustración 44 - División del mapa (Finalizada)

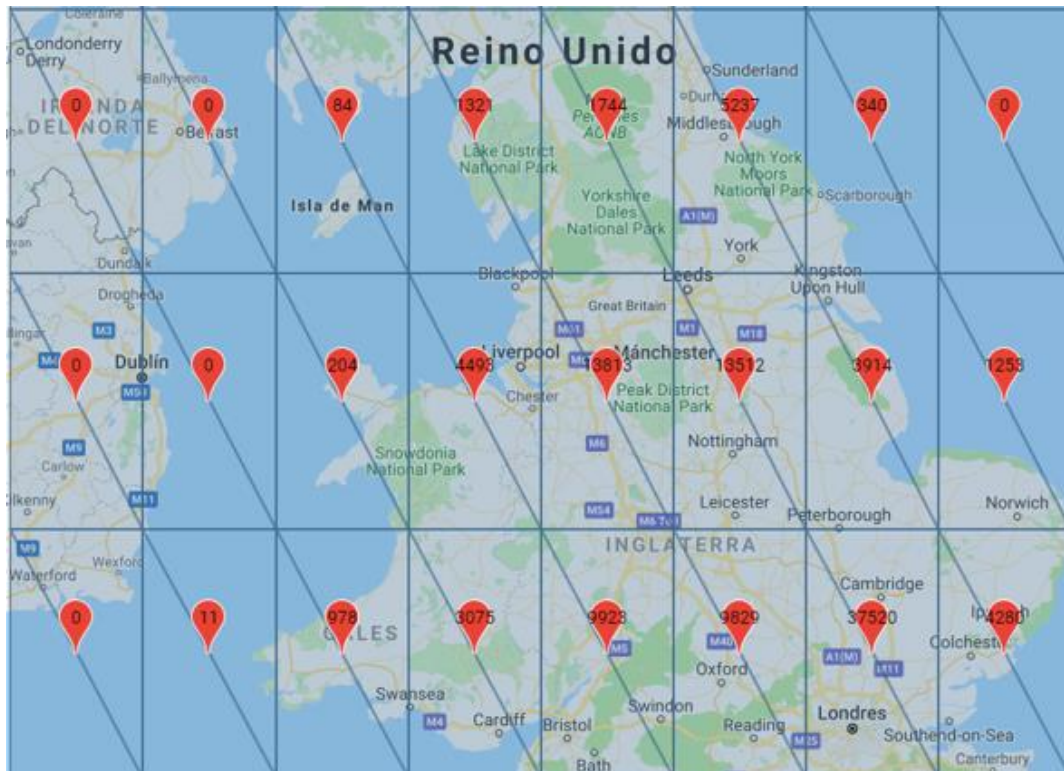


Ilustración 45 - División del mapa (Resultado)

Es importante señalar que, tal y como se puede observar en la imagen, existen secciones del mapa con cero accidentes, esto se debe a dos posibles casuísticas: son cuadrantes que abarcan únicamente zonas del Océano Atlántico donde no pueden producirse accidentes terrestres o bien, hacen referencia a cuadrantes pertenecientes a Irlanda del Norte, que como ya se explicó en el capítulo 4 no se encuentran incluidos en el dataset.

Una vez llegados a este punto, además de poder visualizar el mapa en cuadrantes que reflejan el número de accidentes producidos en cada uno de ellos, se habrán establecido el número de divisiones que se emplearán en el cálculo efectuado internamente. Entenderemos mejor a qué nos referimos con esto en el próximo apartado, donde se detalla tanto el proceso llevado a cabo, como las consecuencias generadas al definir la división de un mapa a nivel de implementación, parte totalmente oculta de cara al usuario.

### 5.3.3.2 Implementación de la funcionalidad

En este apartado, con el fin de obtener un entendimiento completo del procedimiento realizado para lograr la división del mapa, se tomará un ejemplo concreto que explique paso a paso los cálculos seguidos:

En primer lugar, necesitamos obtener la mayor y menor, latitud y longitud, registradas en el fichero principal “*Accidents*” para conocer las esquinas del mapa que vamos a dividir y calcular la distancia que las separa.

Una vez calculada la distancia, dividiremos ésta entre el número de cuadrantes que se quiera obtener por fila y columna. Esto es, si queremos dividir el mapa en 25 cuadrantes (matriz de 5x5) dividiremos la distancia total, tanto en longitud como en latitud, entre 5. Con este cálculo, obtendremos los valores de todas las coordenadas que representan las esquinas de cada cuadrante.

A continuación, se presenta una imagen que facilita la comprensión del proceso de división del mapa y los cálculos realizados que se han explicado en los párrafos anteriores.

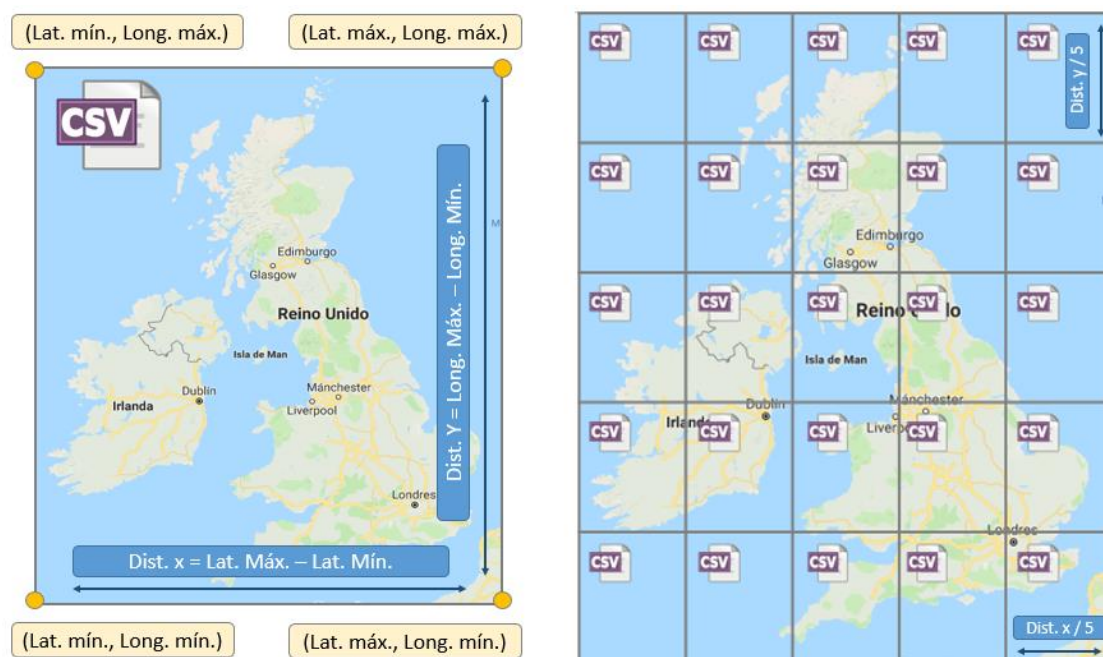


Ilustración 46 - División del mapa

Una vez que tenemos claros los valores que toman las esquinas de cada cuadrante, podemos proceder a fragmentar el fichero principal en 25 ficheros auxiliares de menor tamaño. Para ello, el sistema recorrerá el fichero principal (“*Accidents*”) e irá clasificando cada accidente en el fichero auxiliar asociado al cuadrante al que pertenece su latitud y longitud, es decir, buscará el cuadrante que contiene el punto en el que se

produce el accidente y almacenará la información asociada en el fichero que corresponda a dicho cuadrante.

Todos los ficheros creados poseen la misma estructura y reciben el nombre de “Accidents\_” seguido del número del cuadrante en cuestión. De tal manera que “Accidents\_1” sería un nombre válido y contendría los accidentes que se han producido en el cuadrante número 1. Esta numeración se realiza de manera ordenada (de abajo a arriba y de derecha a izquierda).

De esta forma ganaremos en eficiencia, ya que, al recomendar una ruta, buscaremos únicamente en aquellos archivos asociados a cuadrantes que incluyan algún punto perteneciente al trayecto calculado. En el siguiente apartado se verá con mayor detalle este punto de la eficiencia.

### 5.3.3.3 Resultados obtenidos

Con el fin de demostrar la mejora en eficiencia comentada en puntos anteriores de la memoria, en este apartado se describen las pruebas que se han llevado a cabo para verificar que el algoritmo optimiza y agiliza la búsqueda de un accidente en un determinado punto del mapa, reduciendo así el coste de la recomendación.

Estas pruebas consisten, básicamente, en dividir el mapa en matrices de distintos tamaños y calcular, para cada uno de ellos, el tiempo que tarda en mostrar la ruta recomendada para ir de un punto del mapa a otro.

A continuación, se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos para el trayecto Manchester-Londres (de aproximadamente 4h de duración), donde se puede ver que a medida que se realizan más divisiones en el mapa, el sistema tarda menos tiempo en obtener la ruta recomendada ya que a pesar de que existen más ficheros se va acotando la franja de búsqueda y reduciéndose por tanto información analizada.

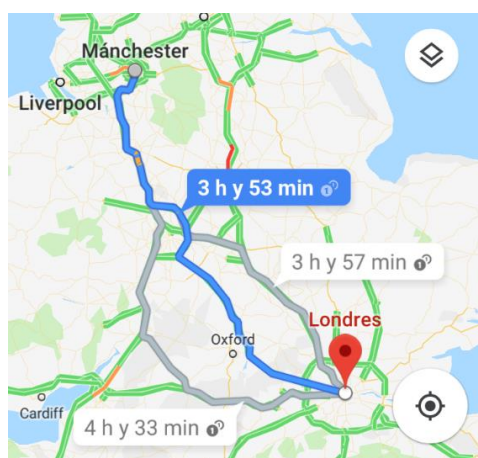


Ilustración 47 - División mapa (Ejemplo ruta Google Maps)



La **primera prueba** se ha realizado con una matriz de 4x4 creando por tanto 16 divisiones en el mapa y el resultado ha sido el siguiente:

```
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_5.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_4.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_0.csv
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_5.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_4.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_0.csv
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_5.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_4.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_0.csv
-----
Tiempo de ejecucion: 50.41240930557251
```

Es decir, el sistema ha utilizado tres ficheros (por los que pasa la ruta) iguales, en este caso, para las tres alternativas calculadas (podrían ser diferentes especialmente cuando hay un mayor número de divisiones) y ha tardado un total de 50.41 segundos.

En la **segunda prueba** se ha dividido el mapa en una matriz de 8x8 creando un total de 64 ficheros. Como consecuencia, el tamaño de cada fichero es menor que los obtenidos en la prueba anterior, ya que al estar más divididos se produce un mayor reparto de la información. A continuación se muestra la salida generada en consola tras su ejecución:

```
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_26.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_25.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_17.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_9.csv
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_26.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_25.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_17.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_9.csv
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_26.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_18.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_17.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_9.csv
-----
Tiempo de ejecucion: 22.175751209259033
```

En este caso, cada alternativa ha consultado un total de cuatro ficheros (o cuadrantes), siendo éstos iguales para la primera y segunda alternativa, pero diferentes en uno de ellos con los cuadrantes consultados por la tercera, concretamente, esta última alternativa consulta del fichero “Accidents\_18.csv” en lugar del fichero “Accidents\_25.csv” que había sido consultado por las dos anteriores. En cuanto al

tiempo de ejecución se ha conseguido una reducción de casi la mitad, logrando una cifra total de 22.18 segundos.

Por último, en la **tercera prueba** llevada a cabo, se ha creado una matriz de 12x12, que ha analizado un total de 7 ficheros (o cuadrantes) que varían entre las distintas alternativas. Con esta división, se ha conseguido mejorar el tiempo de ejecución obteniendo un total de 14.76 segundos.

```
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_64.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_63.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_51.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_50.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_38.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_37.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_25.csv
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_64.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_63.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_51.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_50.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_38.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_26.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_25.csv
-----
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_64.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_63.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_51.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_39.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_38.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_26.csv
C:\ProyectosDjango\tfm\riskMapRoute\Accidents_25.csv
-----
Tiempo de ejecución: 14.767786502838135
```

Tras visualizar y analizar en detalle las tres pruebas realizadas, podemos afirmar que el algoritmo cumple su cometido, disminuyendo considerablemente el tiempo de ejecución y los recursos empleados en los cálculos y aumentando con ello la eficiencia y optimización de la aplicación.





# Capítulo 6

## Conclusiones y Trabajo Futuro

Después de todo el entendimiento adquirido a lo largo de las distintas secciones que componen la presente memoria, sobra decir que Safeway es la base de lo que consideramos un proyecto ambicioso y altamente versátil e intuitivo, capaz de crecer y evolucionar de forma sencilla añadiendo nuevas funcionalidades que complementen las ya existentes o mejoren su sistema de recomendación.

Como ya se mencionó, eran muchos los objetivos que se querían lograr con Safeway, pero a pesar de esta ambición inicial, se llegaron a alcanzar todos y cada uno de ellos.

Se consiguió crear un algoritmo capaz de recomendar al usuario hasta 3 alternativas de las rutas más seguras existentes entre dos puntos geográficos, mediante el estudio de los datos almacenados y pintando sobre el mapa todos los accidentes registrados que hayan tenido lugar sobre la ruta.

Adicionalmente, se logró dotar al usuario de una serie de privilegios tales como la capacidad de agilizar la toma de decisiones del sistema mediante la división del mapa, desglosando la información del dataset principal y reduciendo considerablemente el coste de las búsquedas posteriores o la personalización del contexto en el que va a llevar a cabo su viaje, a través de un panel que permite al usuario modificar la importancia o peso y el grado de exactitud de los parámetros que determinan la decisión del algoritmo.

Por último, se proporcionó una interfaz sencilla e intuitiva que permite al usuario moverse rápidamente por la aplicación y obtener la información deseada con las menores interacciones posibles. Gracias al uso de la visualización, Safeway consigue aumentar la confianza del usuario en el sistema mediante la explicación de los resultados obtenidos, apoyándose en imágenes, gráficos y breves mensajes de texto que resuman la decisión tomada por el algoritmo, así como permitiendo la comparación entre las distintas alternativas propuestas. En este punto, cabe destacar, el diseño responsive de la aplicación, que permite la adaptación a todo tipo de dispositivos.

En este sentido, y a pesar de haber cumplido todos los objetivos propuestos en esta memoria, Safeway aún tiene un largo camino que recorrer, en el que se puedan implementar todas las funcionalidades e ideas que han ido surgiendo a lo largo del

desarrollo del proyecto y que no pudieron llevarse a cabo hasta el momento por la limitación de tiempo.

A continuación, se exponen algunas modificaciones y/o ampliaciones de cara a trabajos futuros:

- Ampliar el dataset, a nivel geográfico incluyendo los accidentes producidos en puntos que se encuentren fuera del Reino Unido.
- Ampliar el dataset a nivel temporal incluyendo información referente a un periodo más largo de tiempo (por ejemplo, los últimos cinco años).
- Añadir explicaciones textuales que aclaren el porqué de la recomendación obtenida.
- Enriquecer el sistema añadiendo más información sobre el contexto en el que se produce el accidente.

Gracias a la versatilidad y a la modularidad presente en el proyecto, Safeway ofrece una alta capacidad de crecimiento, porque lo importante no está en tomar un camino, si no en elegir el más adecuado.

Por último, con el fin de dar la posibilidad a cualquier persona de utilizar, adaptar y mejorar la aplicación, se ha subido el código del proyecto a GitHub con licencia libre. <https://github.com/vevalle/TrabajoDeFinDeMaster>

# Capítulo 7

## Conclusions and Future Work

After all, the knowledge acquired throughout the sections, which make up the present memory, it goes without saying that Safeway is the basis of what we consider an ambitious and highly versatile and intuitive project, capable of growing and evolving in a simple way, adding new features that complement existing ones or improve their recommendation system.

As already mentioned, there were many goals that were wanted to achieve with Safeway, but despite this initial ambition, you could reach each and every one of them.

An algorithm has been created capable of recommending to the user up to 3 alternatives of the safest routes existing between the geographical points, by studying the stored data and painting on the map all the registered accidents that have taken place on the route.

Additionally, the user has been granted a series of privileges such as the ability to streamline system decision making by dividing the map, breaking down the information in the data set and reducing the cost of searches or the personalization of the context. In which you will carry out your trip, through a panel that allows the user to change the importance of the weight and the degree of accuracy of the parameters that determine the decision of the algorithm.

Finally, a simple and intuitive interface was provided that allows the user to move quickly through the application and obtain the desired information with the least possible interactions. Thanks to the use of visualization, Safeway achieves user confidence in the system through the explanation of the results obtained, supporting images, graphics and short text messages that resolve the decision made by the algorithm, as well as allowing comparison between the different alternatives proposed. At this point, it should be noted, the receptive design of the application, which allows adaptation to all types of devices.

In this sense, it has already fulfilled all the objectives proposed in this report, Safeway still has a long way to go, in which you can implement all the functions and

ideas that have emerged during the development of the project and that have not been carried so far by the time limitation.

Here are some modifications and / or extensions for future work:

- Expand the data set, a geographical level with the effects produced in the points that are outside the United Kingdom.
- Expand the data set at a temporal level with information referring to a longer period of time (for example, the last five years).
- Add textual explanations that clarify the reason for the recommendation obtained
- Enrich the system by adding more information about the context in which the accident occurs.

Thanks to the versatility and modularity present in the project, Safeway offers a high capacity for growth, because the important thing is not to take a path, if it is not appropriate.

Finally, In order to give the possibility to anyone to use, adapt and improve the application, the project code has been uploaded to GitHub with a free license. <https://github.com/vevalle/TrabajoDeFinDeMaster>

# Bibliografía

- Ambrosig, R. (1 de Julio de 2017). El error fatal que liberó la tecnología de los GPS. *Diario Norte*. Recuperado el Junio de 2018, de <http://www.diarionorte.com/article/154110/el-error-fatal-que-libero-la-tecnologia-de-los-gps->
- Colón, A. R. (4 de Abril de 2011). *Google Maps API V3 introducción y primeros pasos*. Recuperado el Junio de 2018, de Maestros de la web: <http://www.maestrosdelweb.com/google-maps-api-v3-introduccion-y-primeros-pasos/>
- Duarte, E. (16 de Marzo de 2013). *jQuery: Qué es, Orígenes, Ventajas y Desventajas*. Recuperado el Junio de 2018, de Capacity: <http://blog.capacityacademy.com/2013/03/16/jquery-que-es-origenes-ventajas-desventajas/>
- Duque, R. G. (s.f.). *Python para todos*. Obtenido de <http://mundogeek.net/tutorial-python/>
- Fleeman, M. (27 de Enero de 2015). Traffic app maker Waze rejects criticism by L.A. police chief. *Investing*. Obtenido de <https://www.investing.com/news/technology-news/traffic-app-maker-waze-rejects-criticism-by-l.a.-police-chief-325374>
- García, E. R. (3 de Junio de 2018). El Español. *5 razones por las que usar Apple Maps en vez de Google Maps*. Recuperado el Julio de 2018, de <https://omicro.no.elespanol.com/2018/06/apple-maps-o-google-maps/>
- Google Play. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2018, de Maps - Navegación y transporte público: [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2174253/Ovum\\_2018.pdf?\\_\\_hstc=179398971.2dec6c309f9d8263e0810ba21f728b27.1535132686798.1535132686798.1535132686798.1&\\_\\_hssc=179398971.1.1535135068085&\\_\\_hsfp=3008655592&hsCtaTracking=d444f3d9-61f1-4aca-bac6-11ccd7c5ef9a%7C36b1](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2174253/Ovum_2018.pdf?__hstc=179398971.2dec6c309f9d8263e0810ba21f728b27.1535132686798.1535132686798.1535132686798.1&__hssc=179398971.1.1535135068085&__hsfp=3008655592&hsCtaTracking=d444f3d9-61f1-4aca-bac6-11ccd7c5ef9a%7C36b1)
- Google Support. (s.f.). Recuperado el Julio de 2018, de Cómo funciona Waze: [https://support.google.com/waze/answer/6078702?hl=es&ref\\_topic=9022747](https://support.google.com/waze/answer/6078702?hl=es&ref_topic=9022747)
- Holovaty, A., & Kanpla-Moss, J. (s.f.). *The Definitive Guide to Django: Web Development Done Right*. Apress. Recuperado el Agosto de 2018, de <https://pythonizame.s3.amazonaws.com/media/Book/guia-definitiva-django-18/file/34ba425e-5985-11e5-964d-04015fb6ba01.pdf>

- Learning HighCharts*. (2012). Packt Publishing Ltd. . Recuperado el Julio de 2018, de <http://www.mr-wu.cn/wp-content/uploads/2014/10/www.mr-wu.cn-Learning-Highcharts.pdf>
- Lee, D. (29 de Junio de 2018). Apple Maps: Grand plan to fix iPhone Maps app. *BBC*. Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.bbc.com/news/technology-44664739>
- Marín, J. (21 de Marzo de 2018). La Vanguardia. *El uso del móvil provoca un tercio de los accidentes mortales de tráfico*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vida/20180321/441733481842/por-que-movil-tu-juntos-sois-amenaza-brl.html>
- MAST. (8 de Octubre de 2013). Recuperado el Marzo de 2018, de Road Casualties Great Britain: [http://mast.roadsafetyanalysis.org/wiki/index.php?title=Road\\_Casualties\\_Great\\_Britain](http://mast.roadsafetyanalysis.org/wiki/index.php?title=Road_Casualties_Great_Britain)
- MAST. (14 de Julio de 2014). Recuperado el Marzo de 2018, de Introducción a MAST: [http://mast.roadsafetyanalysis.org/wiki/index.php?title=Introduction\\_to\\_MAST](http://mast.roadsafetyanalysis.org/wiki/index.php?title=Introduction_to_MAST)
- Programacion.net*. (s.f.). Recuperado el Junio de 2018, de 50 plugins para Bootstrap que deberías estar usando ya: [https://programacion.net/articulo/50\\_plugins\\_para\\_bootstrap\\_que\\_deberias\\_estar\\_usando\\_ya\\_parte\\_1\\_1078](https://programacion.net/articulo/50_plugins_para_bootstrap_que_deberias_estar_usando_ya_parte_1_1078)
- Roose, K. (14 de Junio de 2013). Daily Intelligencer. *Did Google Just Buy a Dangerous Driving App?* Recuperado el Julio de 2018, de <http://nymag.com/daily/intelligencer/2013/06/did-google-just-buy-a-dangerous-driving-app.html>
- Smith, B. (2015). *Beginning JSON*. Apress. Recuperado el Junio de 2018
- Telefónica. (s.f.). Bootstrap, un framework para diseñar portales web.
- TomTom. (s.f.). TomTom GO Mobile app. Manual de usuario. Recuperado el Julio de 2018, de [http://download.tomtom.com/open/manuals/GO\\_Mobile\\_app\\_for\\_Android/reman/TomTom-GO-Mobile-RG-es-es.pdf](http://download.tomtom.com/open/manuals/GO_Mobile_app_for_Android/reman/TomTom-GO-Mobile-RG-es-es.pdf)
- Torices, A. (23 de Julio de 2018). SUR. *Cuatro de cada diez conductores muertos ingirió alcohol o drogas*. Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.diariosur.es/sociedad/conductores-muertos-alcohol-droga-20180723181530-ntrc.html>
- Vuelo 007 de Korean Air*. (4 de Agosto de 2018). Recuperado el Agosto de 2018, de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Vuelo\\_007\\_de\\_Korean\\_Air](https://es.wikipedia.org/wiki/Vuelo_007_de_Korean_Air)

W3C. (s.f.). Recuperado el Junio de 2018, de HTML & CSS:

<https://www.w3.org/standards/webdesign/htmlcss.html>

Wikipedia. (15 de Julio de 2018). Recuperado el Julio de 2018, de HERE WeGo:

[https://en.wikipedia.org/wiki/HERE\\_WeGo](https://en.wikipedia.org/wiki/HERE_WeGo)

Wikipedia. (11 de Abril de 2018). Recuperado el Junio de 2018, de Programación por capas: [https://es.wikipedia.org/wiki/Programaci%C3%B3n\\_por\\_capas](https://es.wikipedia.org/wiki/Programaci%C3%B3n_por_capas)

Zoller, E. (2018). *Location Platform Index: Mapping and Navigation*. Ovum. Recuperado el Agosto de 2018, de

[https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2174253/Ovum\\_2018.pdf?\\_\\_hstc=179398971.2dec6c309f9d8263e0810ba21f728b27.1535132686798.1535132686798.1535132686798.1&\\_\\_hssc=179398971.1.1535135068085&\\_\\_hsfp=3008655592&hsCtaTracking=d444f3d9-61f1-4aca-bac6-11ccd7c5ef9a%7C36b1](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2174253/Ovum_2018.pdf?__hstc=179398971.2dec6c309f9d8263e0810ba21f728b27.1535132686798.1535132686798.1535132686798.1&__hssc=179398971.1.1535135068085&__hsfp=3008655592&hsCtaTracking=d444f3d9-61f1-4aca-bac6-11ccd7c5ef9a%7C36b1)